

AUDIO

& TECHNIEK

PRIJS:

NEDERLAND fl. 5,95

BELGIË Bfrs. 120,-

TEST

cassette-decks
t.w.v. fl. 300,- tot fl. 500,-

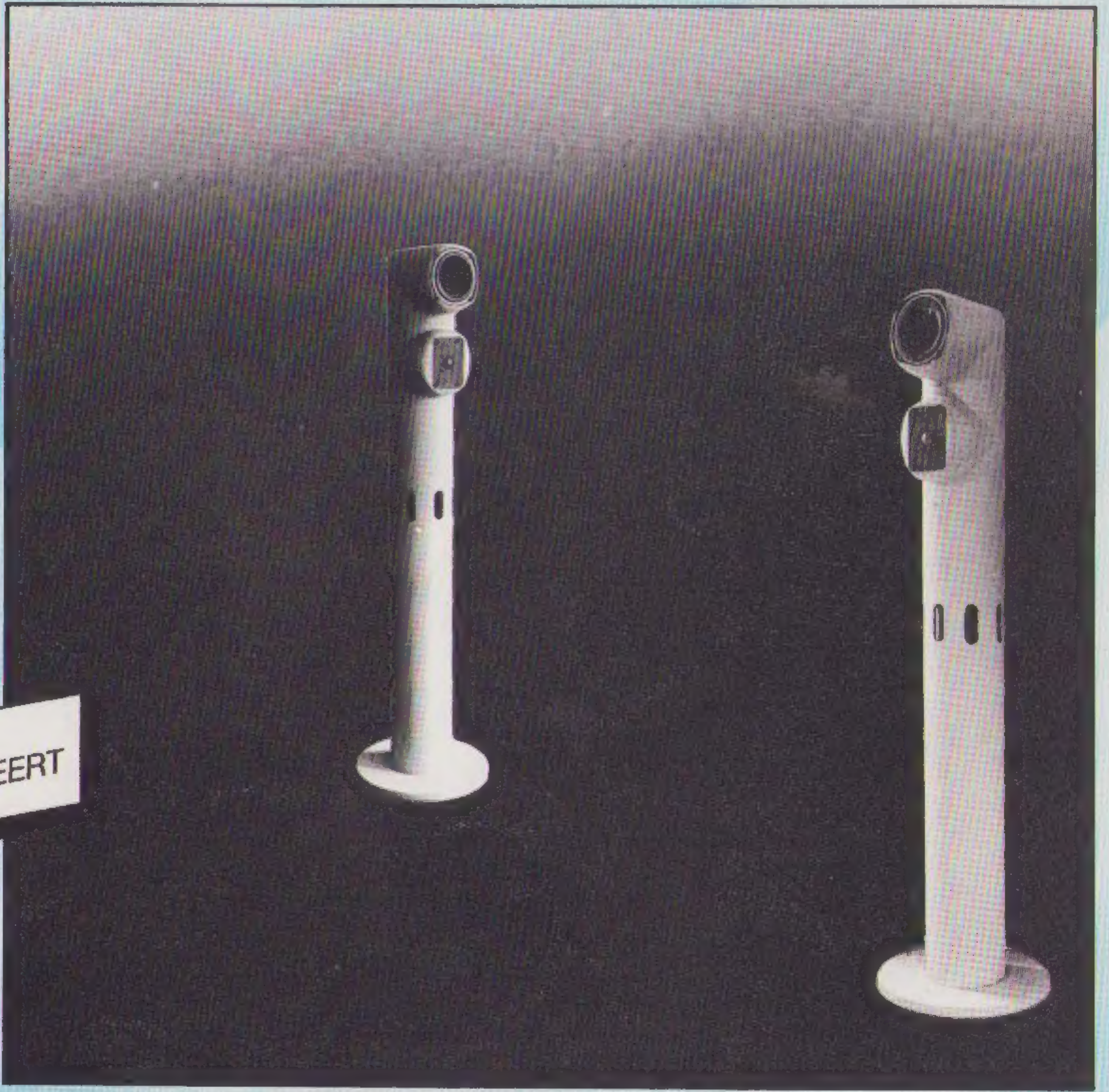
RUIS

een nieuwe benadering

AUDIO & TECHNIEK

EINDELIJK 'N BLAD
DAT DESKUNDIG INFORMEERT

● Psychedelische
Audio-Pil



GELUID UIT DE PIJP BOUWONTWERP

1

NOVEMBER '82

TOP OF THE LINE

KENWOOD KX 50-MK II

f 495,—



AUTEURSRECHT

De rechtelijke bescherming middels het auteursrecht strekt zich mede uit tot de gepubliceerde illustraties, schema's en printontwerpen.

Ingezonden artikelen moeten voldoen aan de eisen, welke de redactie van A&T daaraan stelt.

Uit de verleende toestemming, door de auteur, tot publikatie ontleent ARC tevens het auteursrecht van die publikatie.

De auteur machtigt daarmee de uitgever, met uitsluiting van ieder ander, tot optreden in en buiten rechte om door derden verschuldigde vergoeding te innen.

©1982 by the audio research center, rotterdam, holland.

Het geheel of gedeeltelijk overnemen van de inhoud van AUDIO & TECHNIEK is verboden. Op de gepubliceerde schakelingen kan de octrooiwet van toepassing zijn.

Toepassing van de gepubliceerde schakeling is uitsluitend toegestaan voor huishoudelijk en persoonlijk gebruik. Voor mogelijke fouten in de tekst of de schakelingen wordt geen enkele aansprakelijkheid aanvaard.

AUDIO & TECHNIEK

AUDIO & TECHNIEK is een zeven
maal per jaar verschijnend
periodiek van het
AUDIO RESEARCH CENTER,
Schonebergerweg 86, Rotterdam.
Postadres: Postbus 2156
3000 CD ROTTERDAM.
Telefoon: 010 - 66 46 30
Postgiro: 41 30 216



Hoofdredactie:
John C. van der Sluis

Redactie:
P.W. van Willenswaard
H.L. Han
A. Heyboer
W. Kauffman
M. Kasmó
P. de Neef

Telefonische spreekuren :

Maandag 9 - 17 uur
20 - 22 uur
op 010 - 66 46 30

Omslagfoto

Luidsprekers volgens het
DALINE-principe
(foto A. Heyboer)

ABONNEMENTEN

Het abonnementsgeld bedraagt
f 40,- voor de nummers 82/2 t/m
83/7.

Over te maken op giro 41 30 216
t.n.v. A.R.C. met vermelding
abonnement A&T.

Losse nummerprijs :

Nederland f 5,95
België Bfr 120

INHOUD

	pag.
De Detaillist Wat is een DETAILLIST?	4
Geluiden (van de redactietafel)	5
Test: Cassettedecks van f 300,— tot f 498,—	6
Orgelbouw: inleiding	11
Zijn er goede versterkers? Aanpassing is het zwakke punt	13
Ruis: een wat dieper gravende artikelen-reeks van Peter van Willenswaard	15
Analoog versus Digitaal ofwel MUZIEK IN HAPKLARE BROKKEN	19
Geluid uit de pijp: bouwontwerp	23
ZAALACOUSTIEK door H.L.HAN	27
Advertenties	30

DE DETAILLIST

In volgende nummers willen we een aantal gesprekken samenvatten, zoals we die met detaillisten voerden. In de wereld van geluidswaergave speelt de detaillist voor de consument een centrale rol. Daarom zetten we hier eens op een rij welke wensen er bij ons leven.

Wat is een DETAILLIST?

Uw winkelier vormt de schakel tussen Uw huiskamer en de fabrikant van Uw apparatuur.

Als zodanig heeft hij een adviserende zowel als een bemiddelende taak. Dat laatste vooral bij klachten en problemen Uwerzijds, maar zeker ook andersom.

Hij zal zijn leverancier op de hoogte houden van Uw wensen, zodat die daar rekening mee kan houden. Dat laatste heeft natuurlijk alleen zin, indien die fabrikant of importeur daar oren naar heeft. Er zijn gelukkig gunstige voorbeelden van zo'n relatie. We noemen hier firma's als Transtec en Audio-script. Dat zijn importeurs die, na overleg met hun afnemers (Uw winkelier), modificaties doorgevoerd krijgen bij hun fabrikanten dan wel zelf modificaties aanbrengen om aan de behoeften bij hun publiek tegemoet te komen.

Let wel, dit zijn slechts voorbeelden, er zijn gelukkig meer importeurs met een overeenkomstige instelling.

Doorslaggevend lijkt ons wel of de detaillist door zijn leverancier serieus genomen wordt.

Voorlichting

Redelijkerwijs mag verwacht worden, dat Uw detaillist U de eigenschappen kan uitleggen van de door hem aangeboden apparatuur.

En hij kan U raden wat een verstandige koop is in Uw omstandigheden, met Uw budget en Uw eisen t.a.v. kwaliteit.

Om U goed te kunnen voorlichten moet Uw detaillist tenminste kunnen beschikken over enige vakkennis. De grootste kruidenier van Nederland verkoopt soms ook zgn. "HI FI". Doorgaans zijn dat zeer ondermaatse producten van onbekend fabrikaat.

Eén ding staat vast, op zo'n adres kunt U geen voorlichting of vakkennis verwachten. Die zaken mag U wel verwachten bij een zich zelf respecterende handelaar in audio producten.

Vakkennis

Wat mogen we verstaan onder vakkennis bij een detaillist. Niet

dat Uw verkoper tot in details de elektronische schakelingen van de aangeboden apparaten kent. Dat is echt teveel gevraagd en discussies over de karakteristieken van een verticale MOSFET kunt U beter op een andere plaats voeren.

Wat moet hij dan wel aan vakkennis bieden.

Hij moet bijvoorbeeld het verschil uit kunnen leggen tussen een gesloten luidsprekersysteem en een hoog rendement gebouwde reflex luidspreker.

Als U van "BOEM" houdt, dan moet hij ook BOEM kunnen verkopen. Ook moet hij de aanpassingsproblemen van pick up's en pick up-elementen kennen. Niet ieder element past in iedere arm en niet iedere arm-element combinatie past op iedere versterker. Onder vakkennis verstaan we ook enig begrip van acoustiek. Indien U een prachtig modern huis heeft met piavuizen of marmer op de vloer en aan twee zijden prachtige kamerbrede, prima isolerende thermopane beglazing, dan hopen we dat U met een redelijk bruikbare luidspreker naar huis komt! Indien U kleine kinderen heeft, die met Uw platenspeler mogen spelen, dan is het te hopen dat U geen draaitafel verkocht wordt met een daarop gemonteerde speciale arm. De vele touwtjes en contragewichtjes zijn nogal "kindgevoelig".

In dat geval is een element, dat bij zuidwester storm windkracht 1 zijn naald verliest, ook niet zo aan te bevelen.

Vakkennis kan ook betekenen, dat Uw detaillist U een installatie verkoopt binnen Uw budget, maar met enige concessies, zodanig dat U later voor een redelijke meerprijs de kwaliteit kunt verbeteren.

Hij kan U bijvoorbeeld een goede platenspeler leveren met een wat goedkoper, relatief gesproken, element.

U kunt dan later eventueel het element vervangen door een duurdere MC-uitvoering, zonder in de problemen te komen met de arm.

Service

In de eerste plaats moeten we ons realiseren, dat de te verwachten service veel te maken heeft met de marge die Uw handelaar krijgt of neemt. Een winkelier die met kleine marges werkt kan geen uitgebreide service geven. Zou hij dat wel doen, dan zou hij in de bekende groep van minimumlijders terecht komen.

Naar onze mening begint service op het moment dat U binnenstapt; zo maar om eens rond te kijken of om een Dust Bug van een tientje te kopen. Dat kost hem tijd om U het één en ander uit te leggen en die tijd wordt niet onmiddellijk in geld gehonoreerd. Onder service verstaan we ook dat Uw winkelier bij een redelijk te besteden bedrag, van laten we zeggen meer dan f 2.000,-, genezen is U zelf bij U thuis een paar luidsprekers te laten vergelijken.

Onder service valt natuurlijk ook het onverhoopte defect, zowel in als ná de garantieperiode.

Prijsstelling

De laatste jaren, mede na het loslaten van de verticale prijsbinding heeft er in dit land nogal een prijzenslag gewoed.

Opvallend is nu, dat de firma's, die hun assortiment op een redelijk kwaliteits- en prijsniveau handhaafden, er in slaagden een goede klantenbinding te handhaven. Ondanks de sombere tijden hielden ze het hoofd boven water.

Een aantal discount zaken hebben dan wel de slag niet overleefd of zitten in de rode cijfers. En dat terwijl zij soms omzetten realiseren van tientallen miljoenen gulden.

Discount (de laagste prijzen in ...) houdt vaak in dat er apparatuur geleverd wordt, die ondanks merknaam en typeaanduiding niet aan de specificaties voldoet. Niet altijd, maar toch. En hoe zou U dat kunnen controleren? Suggesties zijn welkom!

Indien U prijs stelt op kwaliteit, dan kunt U in ieder geval dit blad beter weggooien.

Een goede detaillist zal een goede prijs vragen voor zijn leveranciers. Het volgende lijkt ons echter redelijkerwijs te verwachten.

Indien U een bekend product wenst aan te schaffen, dat op een aantal door U gesignaleerde plaatsen voor een beduidend lagere prijs te koop is, dan kan Uw handelaar uiteenzetten hoe hij tot zijn prijsstelling komt óf zijn prijs aanpassen.

In komende artikelen zullen we een aantal handelaren vragen om hun reactie op het hierboven gestelde. Een en ander tot "lering ende vermaeck".

GELUIDEN

In dit blad vindt U een aantal primeurs. De belangrijkste primeur lijkt ons het blad zelf. Eindelijk een echt ander geluid uit de wereld van de audiopers.

De tweede primeur vindt U bij onze test van cassettedecks. Daar vindt U o.m. de resultaten van een test aan drie decks die met DOLBY-C zijn uitgerust. Waarschijnlijk is dat het belangrijkste audionieuws van 1982. De prijs van deze decks is in ieder geval laag, onder de f 500,-, en dat is heel weinig voor zo'n mooi systeem.

De derde primeur is het begin van een discussie over de digitale weergave en registratie van audio signalen. Die discussie staat open voor iedereen.

Natuurlijk hebben we het ook nog over geluid! En, over geluid valt veel te zeggen. Het zal iedere geïnteresseerde duidelijk zijn, dat de meningen over geluidskwaliteit zeer verdeeld zijn. AUDIO & TECHNIEK wil hierop inspelen door een platform te vormen voor die verschillende inzichten.

Natuurlijk hebben wij als redactie ook een uitgesproken mening ten aanzien van de verschillende facetten, die het geluidsbeeld bepalen. Een van onze uitgangspunten is, dat we over geluid en geluidswaergave nog te weinig weten om tot een consensus te komen. Er spelen behalve elektronische en acoustische ook fysische en psychische factoren een rol. Een puur elektronische wetenschappelijke benadering geeft absoluut geen (of geen absoluut) uitsluitel over het uiteindelijk te verwachten resultaat. Andersom gesteld zal een subjectief oordeel door één of meerdere personen zeker geen garantie vormen voor een conclusie, die voor iedereen en altijd geldig is.

We zullen trachten bij de beoordeling van geluidsapparatuur uit te gaan van objectieve metingen, die aangevuld en ondersteund worden door subjectieve meningen. Een gevolg kán zijn dat beide methoden tot tegengestelde conclusies leiden en met elkaar in tegenspraak zijn. Het kan dus gebeuren, dat een apparaat met gunstige meetresultaten bij latere beluistering minder goed klinkt dan op grond van de metingen verwacht werd. De objectieve meetmethode geeft dan kennelijk een onvoldoende beschrijving om de subjectieve waarneming te dekken. We zullen in zo'n geval trachten hiervoor een verklaring te vinden en eventueel nieuwe meetmethoden ontwikkelen, die wellicht een beter beeld geven van de te verwachten kwaliteit.

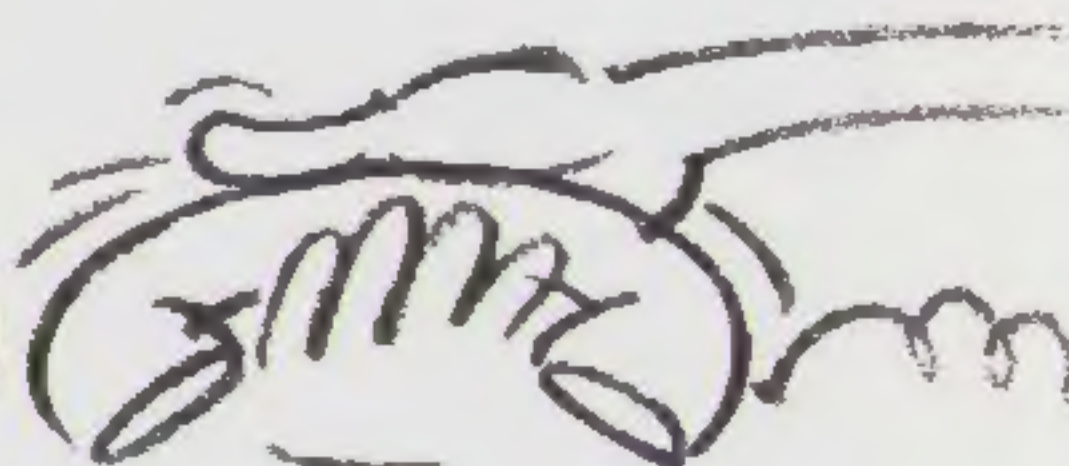
Wij zien heel wel in, dat ook onze methoden niet feilloos zijn. Ook wij overzien niet alle, soms nog onbekende, facetten van het complexe gebied van de geluidswaergave. Het lijkt ons een goede zaak om, in verband met het voorgaande, anderen de ruimte te geven om hun meningen en methodieken kenbaar te maken.

Indien U over elektronika, acoustiek, perceptie of anderszins iets te vertellen heeft dan zouden wij het op prijs stellen daarover iets te vernemen.

Ook kritiek op onze bezigheden en op dit blad is welkom en dat kan tot verbetering leiden.

En daarom.....

Laat eens wat van je



DE REDACTIE

TEST: CASSETTEDECKS

We hebben voor U cassettedecks getest in de prijsklasse van f 300,- tot f 498,-. Onze manier van testen is op een aantal punten verschillend van die in andere bladen. We kijken natuurlijk naar meetresultaten. Daarnaast zijn de decks beoordeeld op de subjectieve mening van een panel. Zij luisterden naar de dynamiek en de doorzichtigheid van het stereo-beeld. We bekeken ook het inwendige van de aangeboden apparaten. Daarbij is gelet op de logische opbouw, het gemak waarmee reparaties uitgevoerd kunnen worden en de degelijkheid van de mechanische delen. Ter vergelijking zijn ook enkele decks getest die al een tijdje in gebruik waren. Daarmee kregen we een indruk van de betrouwbaarheid op langere duur. Het deck met de beste prijs/kwaliteitsverhouding is opgenomen in onze REFERENTIE LOW BUDGET INSTALLATIE (zie elders in dit blad).

PRIMEUR: DOLBY-C

AUDIO + TECHNIEK heeft met deze test als eerste een vergelijking kunnen maken tussen deck met een DOLBY-C-systeem in de goedkopere prijsklasse.

DOLBY-C is een nieuw ruisonderdrukkingssysteem, waarmee een verbetering in de signaal-ruisverhouding en de dynamiek wordt bereikt.

De verbetering is zodanig, dat bijv. bij het kopiëren van radio-programma's nauwelijks onderscheid te maken is in de kwaliteit vóór en ná de opname.

Natuurlijk wordt de band nooit beter dan het aangeboden signaal. Een goede tuner én een goede uitzending zijn wel de minste voorwaarden om tot een goed resultaat te komen.

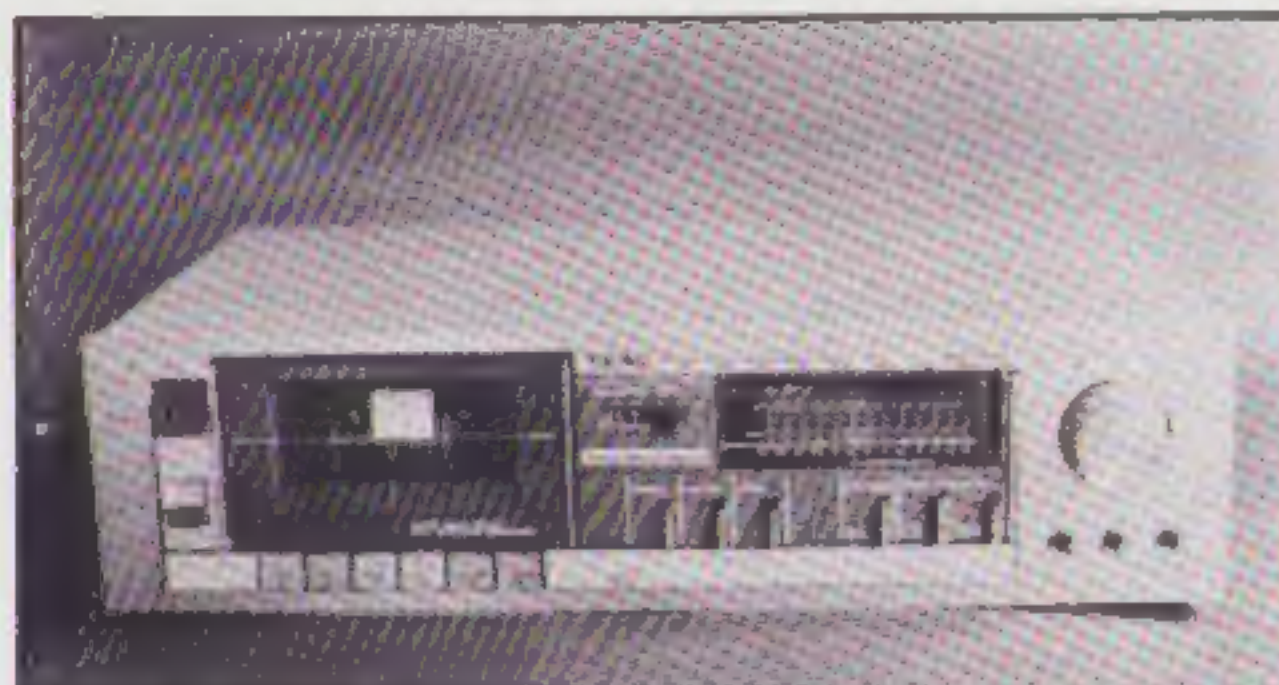
Met een goede pick up-installatie zijn natuurlijk ook goede resultaten te behalen. De fabrikanten claimen een verbetering van de signaal-ruisverhouding met 10 dB. De meetcijfers (van de fabrikanten) komen dan mét DOLBY-C tot -78 dB! dat zou beter moeten zijn voor vrijwel alle platen.

De echte audiofiel blijft natuurlijk een voorkeur houden voor zijn esotherische pick up-installatie. Voor een optimale kwaliteit mét DOLBY-C dient wel aan een aantal randvoorwaarden te zijn voldaan :

1. De opname-cassette moet van goede kwaliteit zijn.
2. De aangesloten versterker moet goed aanpassen en mag geen invloed hebben op de werking van de recorder.
3. De recorder moet goed afge-regeld zijn.

CASSETTE BANDEN

We wilden voor deze test een representatieve band gebruiken, die gemakkelijk te verkrijgen is. Bovendien menen we dat de meeste gebruikers na verloop van tijd niet alles meer op dure banden opnemen, maar overschakelen op een goedkoper type.



TEAC V-44C 398,-



PIONEER CT-4 449,-



KENWOOD KX 50 - MK II 495,-



AKAI CS-F21 499,-



SONY TC-FX 33 499,-



BASF LH extra I

We kozen voor BASF. Het grootste deel van de test gebeurde met de goedkoopste band, het nieuwe type LH extra. Die cassette is verkrijgbaar voor omstreeks f 3,95 en dat lijkt ons een redelijke prijs. Ter vergelijking hebben we ook de CHROOM DIOXIDE SUPER II band gebruikt bij metingen en luistertesten.

In een aantal vergelijkende testen, o.a. van het duitse blad AUDIO en in HI FI VIDEO TEST van september 1982 kwam BASF als beste chroomband uit de bus. De goedkope low-noise-band én de chroomband van BASF worden als referentie gebruikt voor de IEC cassettenorm.

Ook dit laatste was voor ons reden om uitsluitend met BASF te testen.

Dat wil natuurlijk niet zeggen dat er geen andere goede cassettes zijn. De verschillen met merken zoals MAXELL, SONY, PHILIPS en TDK zijn miniem.

We adviseren U om bij het gebruik van Uw recorder op één bandtype te blijven en eventueel Uw recorder daarop af te (laten) regelen.

Het bleek uit de meettest, zowel als bij de luisterproeven, dat, indien U de goedkope band gebruikt in combinatie met DOLBY-C, er heel goede resultaten te bereiken zijn. Voor klassieke muziek blijven we een voorkeur houden voor chroomband.

Dat laatste geldt vooral bij overname van platen met een goede pick up (MC-element).

Bij spraak, popmuziek of jazz en bij overname van radioprogramma's is er nauwelijks een kwaliteitswinst als U de chroom-band zou gebruiken.

BEDIENINGSGEMAK

Op de beoordeelde decks waren een aantal voorzieningen niet aanwezig.

Zaken als "full logic", "search" en "timer" vindt U meestal in de wat duurdere prijsklasse.

Volgend jaar zullen we daar een aparte test aan wijden.

Alle decks hadden ongeveer dezelfde mogelijkheden en waren eenvoudig in het gebruik.

Een verschil tussen KENWOOD en PIONEER was, dat op de laatste een zogenaamde "MUSIC SEARCH" voorziening was. Daarmee kunt U snel naar een volgend of vorig nummer op de band gaan.

Alle decks hadden een automatisch stopmechanisme aan het eind van de band.

Gebruikte decks

We hebben bij deze test ook enkele gebruikte decks bekeken. De bedoeling daarvan was om een indruk te krijgen van het verloop van de instellingen en de slijtage.

Het ging daarbij om voorlopers van de nu in de handel zijnde typen : de SONY TC-FX 3 en de KENWOOD KX 50. Het laatste deck wordt nog hier en daar aangeboden tegen een beduidend lagere prijs dan zijn opvolger.

Het door ons geteste deck van TEAC is min of meer als een gebruikt deck te beschouwen. Ten tijde van de Firato was het het enige deck van dit voor TEAC nieuwe type. Het is onmiddellijk ná de Firato naar ons gestuurd en had toen omstreeks 70 bedrijfsuren achter de rug.

FABRIEKSSPECIFICATIES

Uit tabel 1 blijkt dat de verschillende fabrikanten verschillende meetprocedures hanteren. Dat maakt het bijzonder moeilijk om op grond van de fabrieksgegevens de decks met elkaar te vergelijken. AKAI, KENWOOD en TEAC specificeren geen frequentiebereik bij 0 dB uitsturing. Toch lijkt ons dat een belangrijk gegeven.

Er is ook verschil in de specificaties van de vervorming, terwijl TEAC die helemaal NIET specificiert!

Bij onze metingen bleek dat TEAC nota bene de hoogste vervormingscijfers had. De cijfers voor in- en uitgangsimpedanties en die voor de lijnniveaus verschillen onderling nogal. De uitgangen voor hoofdtelefoon zijn niet vergelijkbaar (voor de consument) gespecificeerd.

MEETRESULTATEN

We hebben alle apparaten zeer grondig gemeten. Een verschil blijkt al uit de tabel met meetresultaten en de tabel met fabrieksgegevens. Een aantal van de door ons gemeten specificaties zijn door de fabrikanten niet vermeld. We zullen de lijst eens in volgorde langsgaan. Ter vergelijking hebben we ook de veel duurdere NAKAMICHI BX-2 gemeten. Op een aantal punten werd dat deck niet zo goed gemeten als de anderen.

KOPINSTELLING

Alle kopinstellingen, dus ook bij de gebruikte decks, waren goed tot zeer goed. Het best was de instelling bij KENWOOD en AKAI. Op alle decks was het mogelijk de kopinstelling bij te regelen. Dat is belangrijk om de frequentie-karakteristiek en de slijtage van het mechanisme te kunnen compenseren.

WOW en FLUTTER

Dit is een meting die betrekking heeft op afwijkingen in de bandsnelheid.

Bij klassieke muziek en vooral bij piano kan het heel hinderlijk zijn indien de bandsnelheid niet constant is. Er ontstaat dan een "zwevend" geluid. De meetresultaten waren heel redelijk. Opvallend was dat het loopwerk van de NAKAMICHI niet beter was dan van de anderen.

Een uitschieter was TEAC, die op dit punt het beste er uit kwam.

FREQUENTIEBEREIK

We hebben twee metingen gedaan. De eerste meting had uitsluitend betrekking op de electronica. Daarbij werd bekeken waar de afsnijfrequentie (cut off) lag, indien gewoon de lijningangen en uitgangen gebruikt worden. De tweede meting geschiedde via de band. Er werd een bandje (BASF LH extra) opgenomen en die band werd bij weergave weer gemeten. Opvallend bij deze metingen is dat alle versterkers beneden 19 kHz een kantelpunt hebben. Alleen bij PIONEER en NAKAMICHI lag dat hoger. Op het PIONEER deck is een schakelaar aangebracht waarmee het MPX-filter in- of uitgeschakeld kan worden.

Bij alle andere decks is dat filter vast ingebouwd. Dat wordt gedaan om interferentie (fluittonen en vervorming) tegen te gaan, indien van FM wordt opgenomen.

Bij plaatopnamen zou het o.i. beter zijn om ook de hogere harmonischen op de band te kunnen krijgen. In dat verband is het interessant om ook naar het artikel "AUDIO DIGITAAL" te kijken, elders in dit nummer. Bij metingen met band haalde NAKAMICHI de beste cijfers. Alle andere decks haalden bij lange na niet het frequentiebereik van plaat en FM. De slechtste resultaten werden gemeten bij beide SONY's.

SIGNAAL - RUISVERHOUDING

We hebben de S/R-verhouding op drie manieren gemeten :

1. zonder Dolby
2. met Dolby-B
3. met Dolby-C

In alle gevallen is de S/R gemeten volgens de NAB-norm. Dat wijkt af van de specificaties van de fabrikanten.

Bij die specificaties is meestal niet vermeld hoe gemeten wordt. De NAB-norm is standaard voor Europa. Bovendien is NAB een zwaardere norm dan bijv. CCIR. Uit de resultaten blijkt dat het zeker zin heeft om Dolby te gebruiken, indien dat op het deck voorzien is. Het spreekt voor zich, dat U, indien U cassettes opneemt met verschillende ruisonderdrukkingssystemen, de banden moet merken met bijv. zelfklevende etiketten.

Zonder Dolby opgenomen banden kunt U beter ook zonder Dolby afspelen.

Met Dolby-B of -C opgenomen banden zijn volgens sommige fabrikanten uitwisselbaar. D.w.z. dat U een met Dolby-C opgenomen band op een andere recorder met Dolby-B kunt afspelen.

Onze ervaringen zijn helaas anders. Wij menen dat de verschillende ruisonderdrukkingssystemen niet uitwisselbaar zijn en zelfs dat er (te) grote verschillen tussen de verschillende fabrikaten zijn om zonder meer eenmaal opgenomen banden op een ander apparaat af te kunnen spelen.

Met Dolby-B zijn de verschillende uitkomsten niet groot.

Met Dolby-C blijkt er nogal een groot verschil te zijn.

Het TEAC deck gaf de beste resultaten.

VERVORMING

De verschillen tussen de decks waren niet al te groot. Vooral bij lage opname-niveaus valt het allemaal wel mee. Bij +5 dB komen er wat grotere verschillen uit, vooral bij SONY en TEAC. Het zou erg prettig zijn, als de vervorming laag zou blijven tot een uitsturingniveau van 0 dB (op de meters). Helaas is dat niet zo, behalve bij het deck van KENWOOD. Bij alle andere decks begint de vervorming al toe te nemen bij een uitsturing van minder dan 0 dB. Practisch betekent dat, dat de volumeregelaar voor het opnameniveau zodanig ingesteld dient te worden, dat de -5 dB niet overschreden wordt. Dat houdt dan ook in, dat de ruis weer toeneemt. Er moet dus een keuze gemaakt worden tussen ruis en vervorming!

NIVEAU LIJNINGANG

We hebben het niveau gemeten van het ingangssignaal bij 0 dB uitsturing op de meters (en de volumeregelaars geheel open gedraaid). De verschillen zijn niet groot, alleen TEAC heeft een wat hoger niveau nodig.

De verschillen tussen links en rechts zijn acceptabel. De beide decks van KENWOOD en het TEAC deck bleven keurig binnen de meetgrens van 0,1 dB.

NIVEAU LIJNUITGANG

Er zijn wat verschillen tussen de decks variërend van 300 tot 550 mV. Wat echter meer stoort, zijn de verschillen tussen links en rechts. Behalve SONY FX 33, was er bij allemaal een (te) groot verschil. Dat maakt het noodzakelijk om bij het afspelen de balansregelaar van de aan het deck gekoppelde versterker te verdraaien.

Bij TEAC hebben we zelfs een verschil tussen de beide kanalen van 16 mV geconstateerd!

KANAALSCHIEDING

De kanaalscheiding werd gemeten bij 3 frequenties: 100 Hz, 1 kHz en 10 kHz.

Opvallend is het mooie gelijkmatige verloop van NAKAMICHI. Eveneens opvallend was de toename van de overspraak bij SONY. Gezien de kanaalscheiding van plaat en radio zou het gewenst zijn over het gehele frequentiegebied ten minste 30 dB te halen. Bovendien wordt door het gekromde verloop het stereobeeld onduidelijk. Van de geteste decks was KENWOOD op dit punt het aantrekkelijkst.

METERAANWIJZING

We hebben van alle decks de meteraanwijzing opgemeten (maar niet in de tabel vermeld).

AKAI had een afwijking in beide kanalen: -10 dB signaal werd -15 dB op de meters!

Bij de andere apparaten was de aanwijzing redelijk tot goed. Opvallend was wel de slechte afleesbaarheid van SONY en PIONEER. TEAC is het best afleesbaar.

SIGNAAL - RUISVERHOUDING INGANGSVERSTERKER

We hebben ook de S/N-verhouding bekeken bij line in - line out (dus zonder band).

Opvallend is het verschil tussen de oude en de nieuwe SONY. Vernieuwing is kennelijk niet altijd een verbetering. De cijfers spreken verder voor zich.

FREQUENTIEKARAKTERISTIEK IN HET LAAG

Dit gegeven is niet in de tabel opgenomen. Alleen KENWOOD was echt recht, alle anderen (ook NAKAMICHI) werden wat slordig beneden 100 Hz. We vermoeden dat dit gegeven te maken heeft met het aantal elco's in de signaalweg. De afwijkingen worden vooral hinderlijk indien ze in beide kanalen verschillend zijn.

ALGEMENE OPMERKINGEN BIJ DE METINGEN

De verschillen in frequentie-karakteristiek bij Dolby-B en Dolby-C waren kleiner dan 0,5 kHz. Wat het meest opviel waren de goede resultaten met een betrekkelijk goedkope testcassette, BASF LH EXTRA. De vergelijking met de fabrieksgegevens levert een wat negatieve indruk op. Vrijwel alle fabrikanten schijnen erg optimistisch te zijn over de eigen produkten.

Bij de fabrieksspecificaties ontbreekt een duidelijk en vergelijkbaar vervormingscijfer. We vermoeden dat dit ook bij duurdere decks het geval is.

Voor de aspirant-koper kan dat betekenen dat hij, indien hij afgaat op fabrieksspecificaties, met een slechte koop thuis komt.

Luisterproeven

We hebben met een groepje geïnteresseerde luisteraars de decks vergeleken op het punt van geluidskwaliteit.

Hoewel er duidelijk hoorbare verschillen geconstateerd werden, is het toch een langdurige en moeizame kwestie geweest.

We hebben getracht een correlatie te vinden tussen de gemeten gegevens en het gereproduceerde geluid. Bij de luistertest werd gebruik gemaakt van de volgende apparatuur:

- Thorens draaitafel TD 115
- Arm SME III
- element DENON met van den Hul-naald
- experimentele regelversterker met voor-voor-versterker voor MC (ontwerp wordt later gepubliceerd)
- eindversterker SSS M-50-MK II
- experimentele luidsprekers met 3-weg systeem versie (als in dit nummer gepubliceerd ontwerp)

Er werd uitsluitend naar klassieke muziek geluisterd. De reden daarvan is, dat de dynamiek daarbij groter is.

RESULTATEN VAN DE LUISTERPROEVEN

De PIONEER geeft een té brilliant hoog. Dat gebeurt ook in de zachte passages. Dynamisch functioneert alles goed, maar bij luide passages wordt het geluid vervormd en schreeuwerig, terwijl de subtiliteiten verdwijnen.

Het TEAC deck klonk hard en geforceerd. Een panellid noemde het geluid in de luide passages kaka-fonisch. De ruimtelijkheid bij koormuziek wordt versluierd. Het hoog loopt verder door dan bij de anderen.

AKAI gaf bij luide passages minder duidelijk stereo, de vervorming werd bij 0 dB al duidelijk hoorbaar!

Er komt minder hoog uit en het stereobeeld is een beetje onevenwichtig.

Het meeste commentaar was er bij de beide SONY's. De basweergave werd wollig genoemd. Een ander panellid vond de bas niet strak. Een derde vond de bas hinderlijk. In het algemeen vond men dit het slechtste deck, waarvan het geluid als rommelig en oppervlakkig werd gekenschetst.

TABEL 1

Fabrieksspecificaties

WOW + FLUTTER	WRMS DIN
FREQUENTIEBEREIK -20 dB recording + 3 dB	N Chr M
FREQUENTIEBEREIK 0 dB recording + 3 dB	N Chr M
SIGNAAL/RUIS- VERHOUDING	N Chr
DOLBY B	
DOLBY C	
THD	N Chr M
INGANG MIC impedantie	
INGANG LINE impedantie	
UITGANG LINE impedantie	
HOOFDTELEFOONAANSLUITING BELASTINGSWEERSTAND	

TABEL 2

Onze meetresultaten

going-prijs	
AZIMUTH	
W & F NAB (%)	
CUT OFF INPUT AMP (KHZ)	
FREQUENTIEBEREIK -10dB L met DOLBY-B (KHZ)	R
S/R (NAB) zonder DOLBY (dB)	L R
S/R (NAB) met DOLBY-B (dB)	L R
S/R (NAB) met DOLBY-C (dB)	L R
THD	+ 5 dB
400 HZ	0 dB
(%)	-10 dB
KANAALSCHIEDING (100HZ)	
L → R - 20 dB	(1 KHZ) (10KHZ)
LINE IN → 0 dB (mV)	
LINE OUT → 0 dB (mV)	
S/R INPUT AMP (dB)	

FABRIKANT	FABRIKANT		FABRIKANT	FABRIKANT	FABRIKANT
AKAI CS-F21	SONYTC-FX33	SONYTC-FX3	PIONEER CT-4	TEACV-44C/V-33	KENWOOD KX50/MK II
0,04%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,05%
0,12%	0,14%	0,14%	0,18%		
30-15000 Hz	30-13000 Hz	30-13000 Hz	35-12000 Hz	30-16000 Hz	35-15000 Hz
30-16000 Hz	30-14000 Hz	30-14000 Hz	35-15000 Hz	30-16000 Hz	35-15000 Hz
30-18000 Hz	30-15000 Hz	30-15000 Hz	35-16000 Hz	30-16000 Hz	35-15000 Hz
			35-8000 Hz + 3 dB		
	30-13000 Hz	30-13000 Hz	35-13000 Hz		
> 56 dB					57 dB
> 58 dB	> 56 dB	> 56 dB	> 58 dB	55 dB	58 dB
> 58 dB	> 58 dB	> 58 dB			
> 63 dB-1 kHz	+ 5 dB-1 kHz	+ 5 dB-1 kHz	> 68 dB	+ 5 dB-1 kHz	67 dB > 5kHz (N+Chr)
> 68 dB-5 kHz	+ 10 dB-5 kHz	+ 10 dB-5 kHz	> 78 dB > 5 kHz	+10 dB-5 kHz	68 dB > 5kHz (M)
> 73 dB-500 Hz				70 dB	
> 78 dB-1 tot 10 kHz					
< 0,8%			} 1,2%		
< 0,8%					
< 0,8%	1%	1%			< 1,0%
0,25 mV 5 kΩ	0,25 mV ?	0,25 mV ?	0,3 mV 10 kΩ	0,39 mV 200	0 mV 10 kΩ
70 mV 47 kΩ	77,5 mV 50 kΩ	77,5 mV 50 kΩ	50 mV 75 kΩ	98 mV 50 kΩ	77,5 mV 50 kΩ
410 mV 20 kΩ	435 mV 50 kΩ	435 mV 50 kΩ	450 mV 50 kΩ	540 mV 50 kΩ	390 mV 100 kΩ
	-28 dB 8 Ω	31 mV (-28 dB) 8 Ω	65 mV 8 Ω	? 8 Ω	48,9 mV 8 of 16 Ω

	SONY FX 3	SONY FX 33	AKAI CS - F21	PIONEER CT 4	KENWOOD KX50 II	KENWOOD KX50	TEAC V-44-C	NAKAMICHI BX-2
	f 499,-	f 499,-	f 499,-	f 449,-	f 495,-	f 495,-	f 398,-	f 1.400,-
	heel goed	goed	zeer goed	goed	perfekt	zeer goed	goed	heel goed
	0,08	0,065	0,045	0,065	0,075	0,05	0,04	0,05
	18,5	16,4	16,5	19,5	17,2	17,1	17,2	25
	10,2	9,6	10,5	11,4	11,7	10,5	11,6	20,0
	10,2	10,1	10,4	11,6	11,7	10,4	11,6	21,2
	niet gemeten	- 52,7	- 50,8	- 51,3	- 51,6	- 51,0	- 54,0	- 49,1
		- 52,6	- 50,9	- 52,1	- 52,4	- 51,8	- 54,0	- 49,7
	- 63,2	- 61,0	- 57,6	- 60,2	- 60,0	- 60,0	- 63,2	- 59,0
	- 63,5	- 61,3	- 57,9	- 60,4	- 60,5	- 60,0	- 63,2	- 59,4
			- 65,7	- 68,0			- 71,6	64,7
			- 66,2	- 67,9			- 71,5	- 65,3
	1,9 - 2,0	2,8 - 2,4	0,53 - 0,60	1,7 - 1,2	0,99 - 0,63	0,74 - 0,63	3,1 - 2,5	1,6 - 2,0
	0,11 - 0,19	0,55 - 0,58	0,09 - 0,12	0,2 - 0,14	0,11 - 0,09	0,07 - 0,08	0,31 - 0,36	0,31 - 0,37
	0,07 - 0,08	0,07 - 0,06	0,09 - 0,06	0,06 - 0,07	0,08 - 0,07	0,09 - 0,07	0,09 - 0,09	0,16 - 0,14
	- 36,1	- 42,6	- 52,2	- 39,4	- 39,5	- 41,0	- 37,5	- 44,1
	- 43,4	- 41,9	- 53,0	- 47,4	- 40,0	- 39,0	- 42,6	- 44,2
	- 33,1	- 22,8	- 30,7	- 31,8	- 32,0	- 30,9	- 27,1	- 44,1
	79,2 - 78,4	77,9 - 78,4	78,8 - 78,4	64,1 - 63,7	78,0 - 78,8	77,9 - 77,9	114 - 114	55,9 - 55,1
	457 - 447	585 - 585	302 - 299	441 - 454	358 - 353	364 - 366	519 - 503	549 - 545
	- 82 - 85	- 78 - 79	- 80 - 80	- 73 - 76	- 78 - 80	- 80 - 78	- 82,7 - 83,5	- 80,0 - 75,5

De KENWOOD decks waren het prettigst om naar te luisteren. Hoewel er hoorbaar aan beide zijden iets van de frequentie-karakteristiek afgaat, dus wat minder hoog en wat minder laag, was de algemene indruk erg goed.

Alles klinkt prettig en ruimtelijk. Bij klassieke muziek is het beter om chroom-cassettes te gebruiken. Daar wordt het ontbreken van het Dolby-C systeem opvallend. Het grootste verschil tussen KENWOOD en de anderen was dat de instrumenten op hun plaats bleven in het stereobeeld.

Bij alle decks was er verschil hoorbaar met de plaatkwaliteit, maar bij KENWOOD was dat het minst storend.

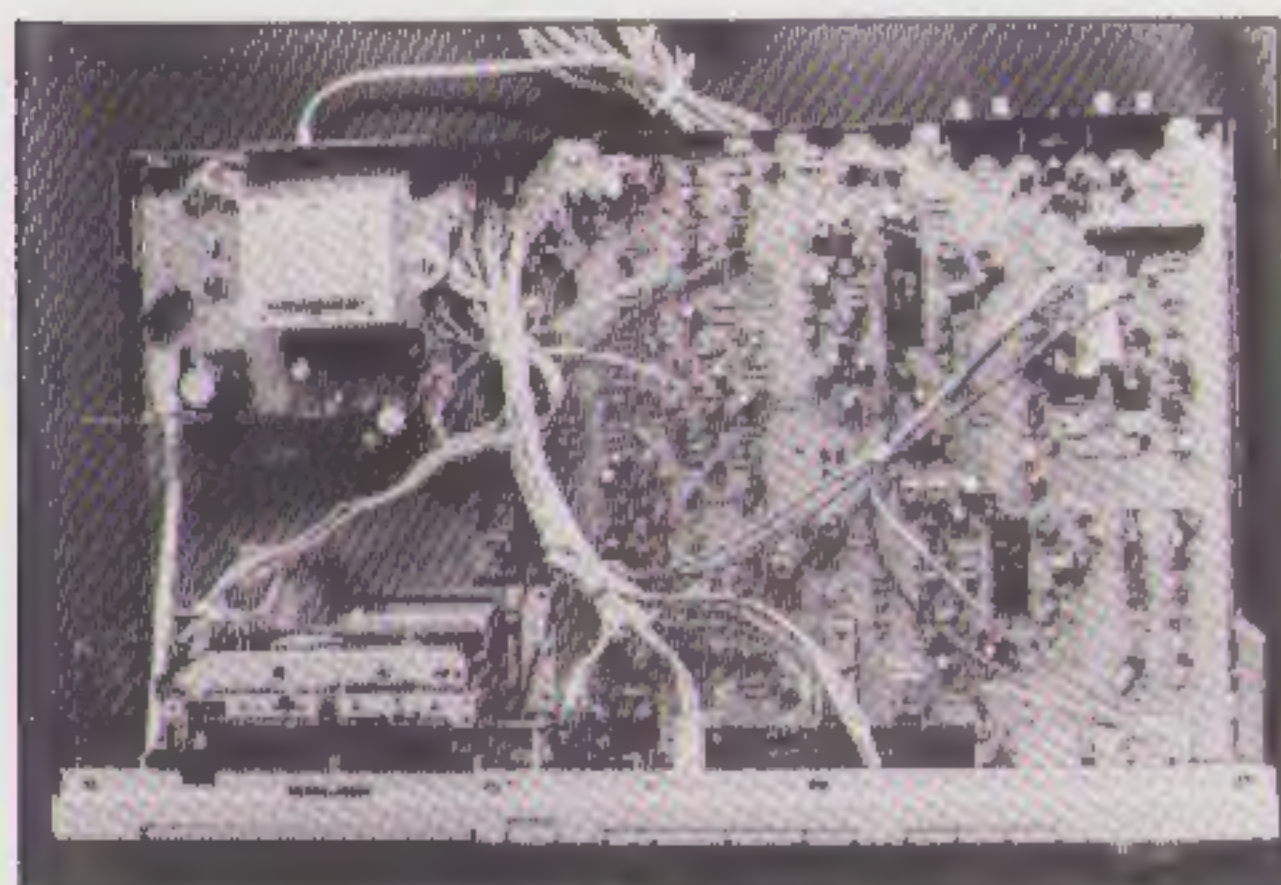
Indruk van het binnenwerk

Zoals uit de foto's blijkt hebben we ook naar het binnenwerk gekeken.

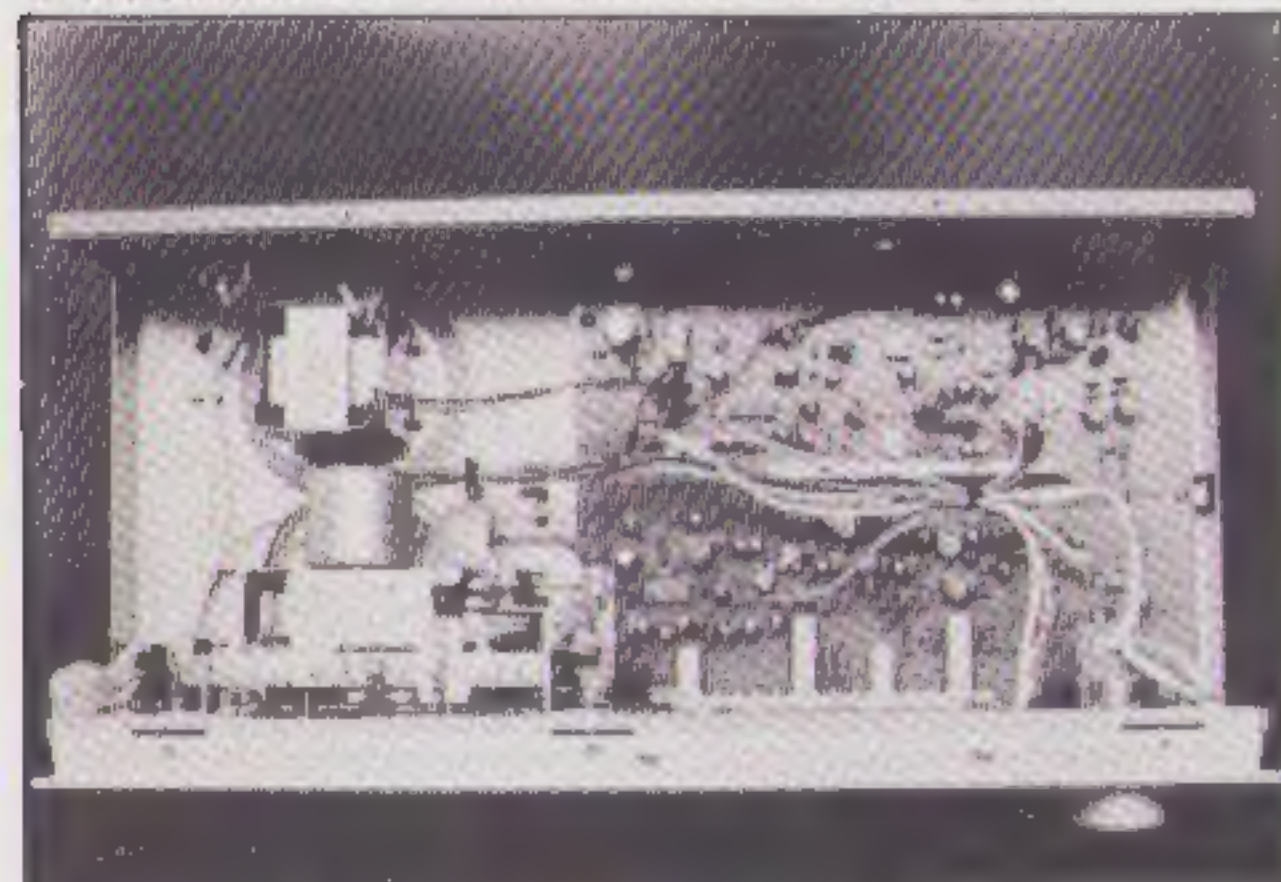
AKAI gebruikt de meeste componenten. Opvallend is het aantal elco's vooral in het Dolby systeem. De ophanging van het vliegwiel is twijfelachtig en zou op niet te lange termijn problemen kunnen geven met wow en flutter.

AKAI is het enige deck, waarbij er onderin de kast geen luikje aanwezig is. Daardoor worden reparaties nogal arbeidsintensief.

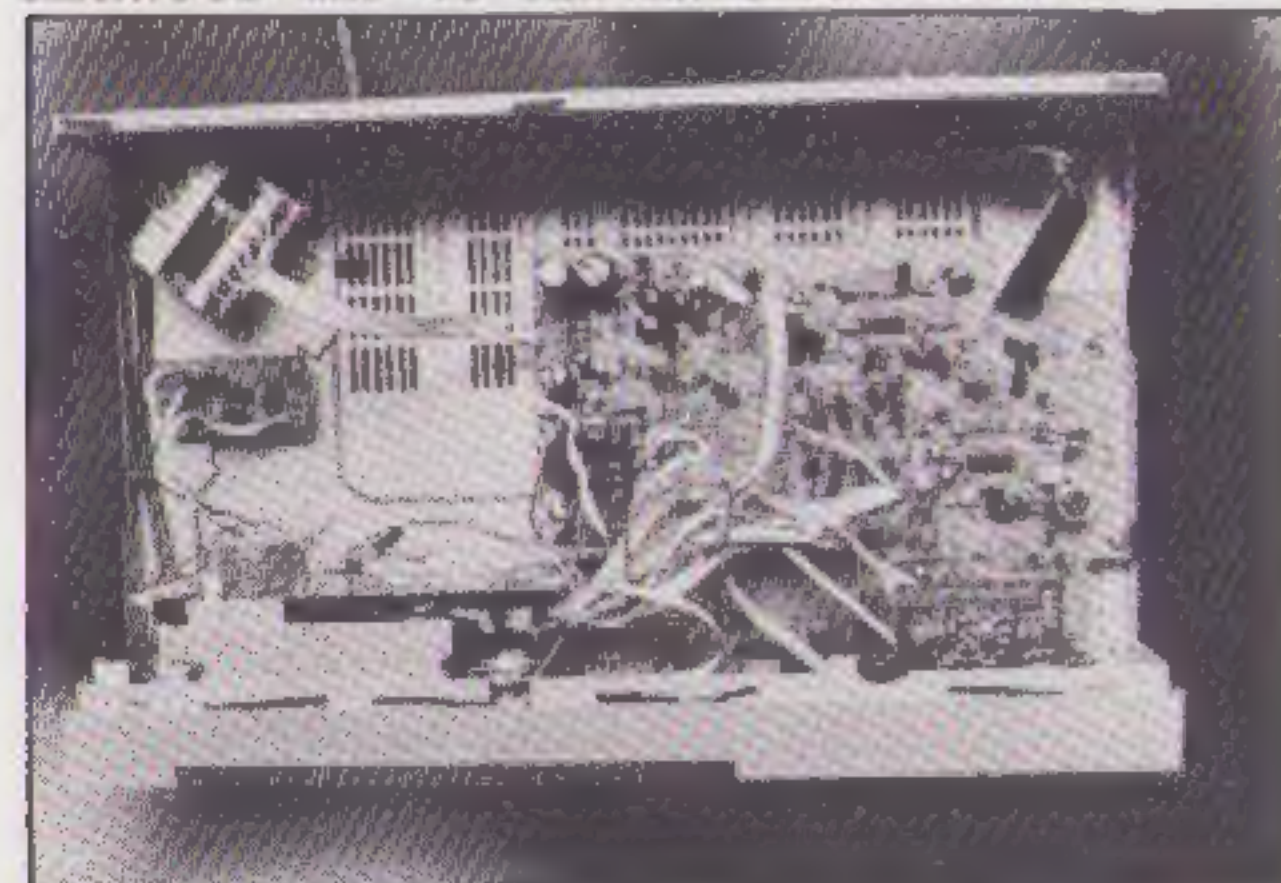
KENWOOD heeft weinig electronica



binnenwerk van de AKAI CS-F21



KENWOOD KX 50-MK II : de beste



SONY TC-FX 33 overzichtelijke inhoud

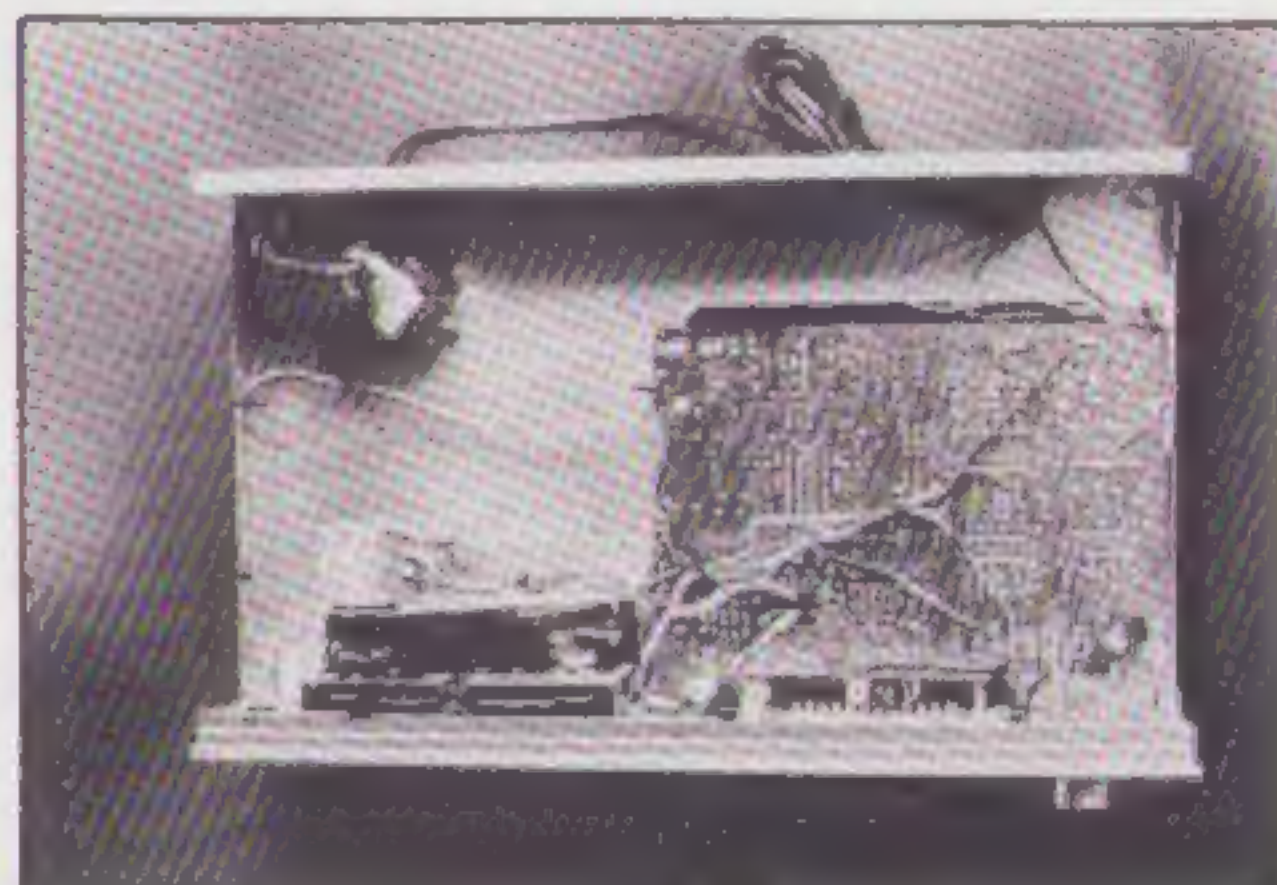
en opvallend weinig elco's. De voeding is "mooi" geconfigureerd, zoals ook blijkt uit de meet- en luisterresultaten in het laag. Mechanisch is dit deck zeer stabiel en betrouwbaar.

SONY gebruikt niet "te veel" electronica. Het is een mooi gebouwde apparaat, dat eventueel eenvoudig te repareren is.

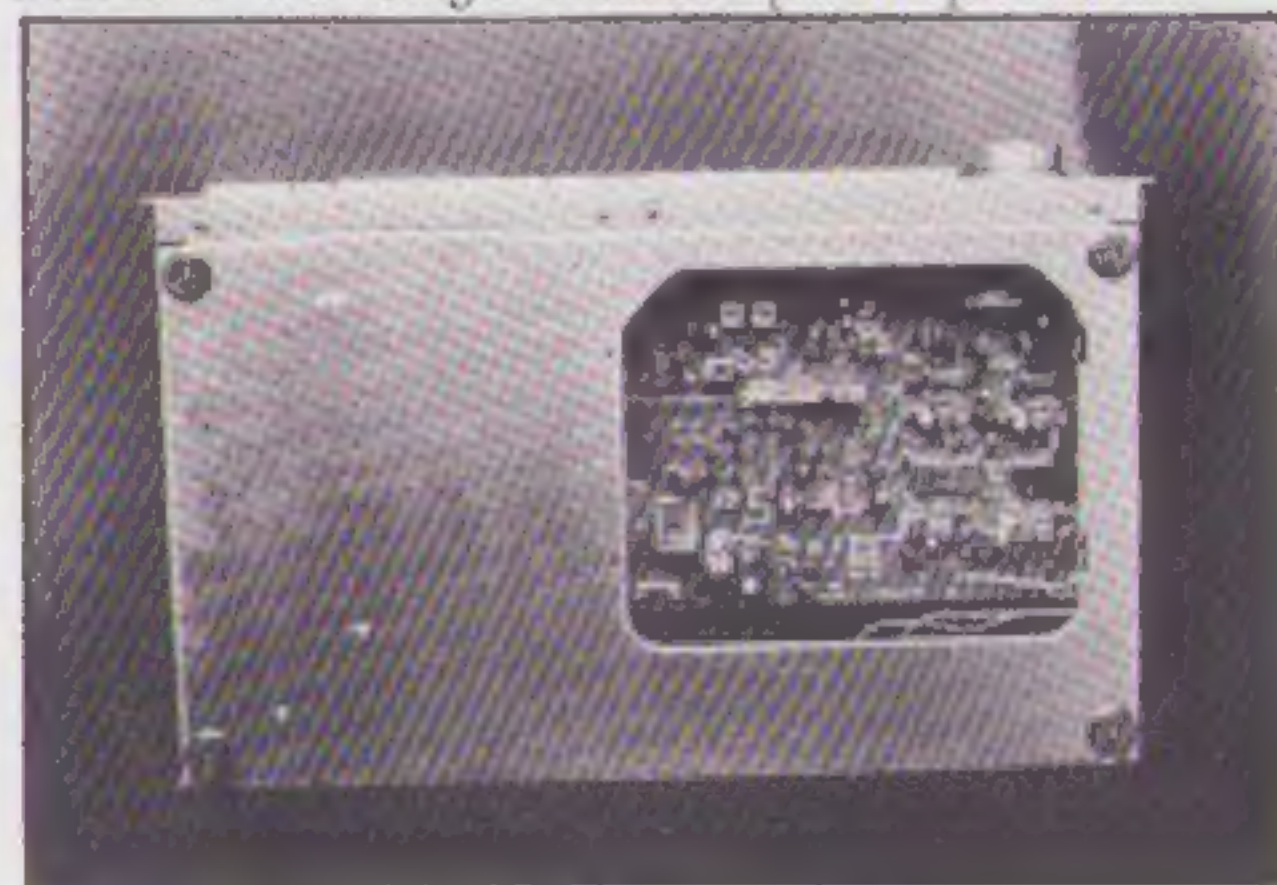
TEAC heeft de kleinste print en de minste electronica. De gehele werking wordt bepaald door slechts 5 geïntegreerde schakelingen. Er zit van alle decks de minste losse bedrading in.

PIONEER gebruikt veel (14) IC's. De schakeling is opgebouwd op twee vrij grote printplaten. De toegankelijkheid voor reparatie is echter goed.

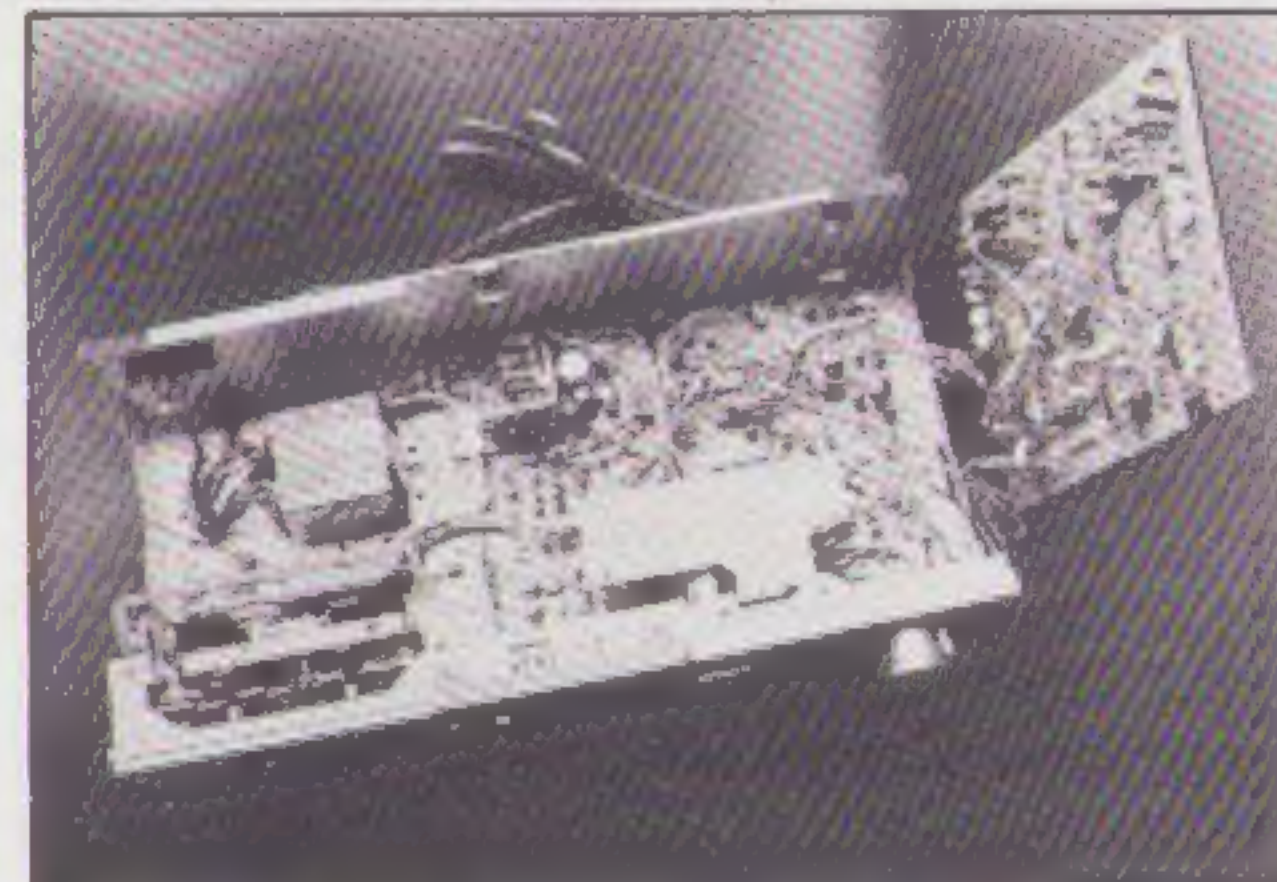
Alle decks werken mechanisch goed en zijn beschermd tegen bedieningsfouten.



TEAC V-44C omgekeerde printplaat!



TEAC V-44C de onderzijde



Pioneer CT-4 eenvoudig te repareren



BASF Chromdioxide SUPER II

CONCLUSIES

De meetresultaten leiden tot de conclusie, dat de decks als volgt gewaardeerd kunnen worden :

- 1 = KENWOOD KX 50 - MK II
- 2 = AKAI CS-F 21
- 3 = TEAC V-44-C
- 4 = PIONEER CT-4
- 5 = SONY FX 33

De luisterresultaten leiden tot een andere volgorde :

- 1 = KENWOOD
- 2 = PIONEER
- 3 = TEAC
- 4 = AKAI
- 5 = SONY

Alles in overweging nemend komen we tot de volgende eindconclusies :

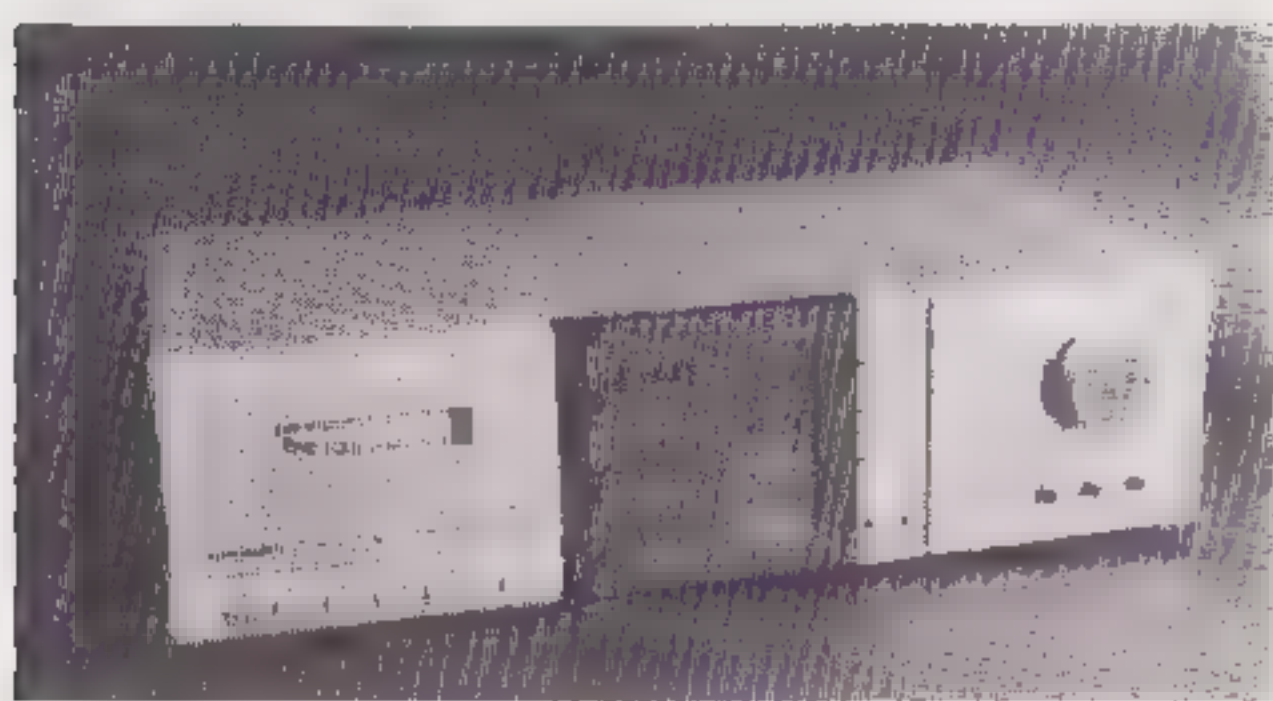
**TOP OF
THE LINE
KENWOOD
KX 50-MK II
495,-**



Dit is op alle punten het meest bevredigende deck. Ook het oudere type KX-50 was in alle opzichten een prima keuze.

De voornaamste overweging was, dat bij KENWOOD alle soorten muziek goed op te nemen zijn, zonder te veel verlies. Vooral op punten als vervorming, kanaalscheiding en dynamiek was er een opvallend verschil met de anderen.

PIONEER CT-4 SECOND BEST 449,-



Deze keuze was iets moeilijker, omdat meetresultaten duidelijk achter bleven bij die van TEAC. Toch heeft PIONEER een lichte voorkeur, mede door het bedieningsgemak. Met de "MUSIC SEARCH" schakeling kan op eenvoudige wijze een vorig of volgend stuk muziek opgezocht worden. De vervorming en kanaalscheiding was iets gunstiger dan bij TEAC, waardoor een beter stereobeeld ontstond.

3 = TEAC V-44-C

De verschillen met PIONEER waren klein. Het deck is wat goedkoper, maar daar staat tegenover, dat er wat minder bedieningsgemak is. Het hoog klonk iets scherper dan bij PIONEER, hoewel dat bijvoorbeeld bij moderne of popmuziek niet opvalt.

4 = AKAI CS-F 21

AKAI meet opvallend goed. Er bekruipt ons enige twijfels t.a.v. de mechanische duurzaamheid. Subjectief gezien klonk het niet zo goed als de anderen en dat komt hoofdzakelijk door de basweergave en de duidelijke aantasting van het hoog.

5 = SONY FX 33

Helaas moeten we hier een onvoldoende toekennen. We vinden dat dit deck niet in deze prijsklasse thuis hoort.

Vergeleken met ons bekende andere apparaten van SONY is dit produkt een beetje onder de maat. Niet aanbevolen dus.

NOOT

In een volgend nummer komen we nog op deze test terug. We zullen misschien enkele aanwijzingen geven voor het verbeteren van de drie best geleepte decks. Ook willen we wat extra aandacht geven aan het DOLBY-C systeem. Het opnemen met dat systeem vereist wat meer aandacht voor het opname-niveau. We zijn over deze kwestie in gesprek met BASF en de fabrikanten van de decks, om tot een eensluidende en duidelijke gebruiksaanwijzing te komen.

ORGELBOUW

Een serie over orgels in het algemeen die uiteindelijk uitmondt in een ontwerp voor zelfbouw.

Doel van deze artikelen is mede, wat meer inzicht te geven in het mechanische pijporgel en het mogelijke elektronische vervolg daarop.

De laatste decennia is er nogal wat gebeurd op het gebied van de orgelbouw. Je zou kunnen spreken van een ware revolutie, die leidde tot nieuwe opvattingen over die bouwkunst.

Die ommekeer is mede veroorzaakt door een groeiend historisch bewustzijn. Men heeft ingezien dat de orgelbouw in vroeger eeuwen een belangrijke fundering vormde voor nieuwe theoriën omtrent de moderne orgelbouw.

Voor het ontwerp van een elektronisch orgel, waarop ook klassieke muziek gespeeld kan worden, kunnen we niet buiten een nadere bestudering van de oude orgelbouwtechniek.

Deze serie artikelen valt uiteen in vier hoofdgroepen; historische beschouwing, dispositie, klankanalyse en electronica.

De Middeleeuwen

Al in de verre oudheid heeft de mens muziek gemaakt door middel van instrumenten.

Aanvankelijk waren dat simpele snaar-, blaas- en slaginstrumenten zoals harpen, luiten, fluiten en trommels.

In de middeleeuwen zijn er talloze verfijningen ontwikkeld en nieuwe instrumenten gemaakt. Er ontstonden violen in verschillende vormen, het clavecimbel en het orgel.

Tot de dertiende eeuw was het orgel veelal een begeleidingsinstrument bij zangstukken. In de 14e en 15e eeuw werd het instrument ontwikkeld tot zijn solistische vorm zoals we dat nu nog kennen.

Een hoogtepunt in de orgelbouwkunst werd bereikt in de Barok-tijd tussen 1650 en 1750.

De beginfase

De allereerste orgels hadden één rijtje pijpen en een beperkte klavieromvang.

Tot +1200 was het grootste klavier omstreeks 3 oktaven (= 36 tonen) breed.

In de 14e eeuw ontstond het blokorgel. Zo'n blokorgel had een veel omvangrijker klankspectrum.

Iedere toets bedient dan een aantal pijpen die tegelijkertijd klinken.

Dit systeem werd deels toegepast om het orgel luider te maken. In dat geval stonden er meerdere pijpen van dezelfde lengte, en dus in dezelfde toonhoogte, op één toets.

De toetsen gingen erg zwaar en moesten soms met de vuisten bespeeld worden.

De stemming van de pijpen op het blokorgel kwam overeen met de toenmalige wijze van zingen en de toonhoogte van de pijpenrijen werd uitgedrukt in voetmaten, zoals dat nog steeds gebruikelijk is.

Van de langste pijp werd de maat opgegeven. Bij de normale toonhoogte geldt voor de laagste toon C een lengte van 8 voet (8'). Met de benaming 8' wordt dan aangeduid, dat de gehele pijpenrij in de gewone stemming staat. Een open pijp van 8 voet (= + 2,45 meter) spreekt aan op de halve golflengte. Om de toonhoogte te vinden moeten we dus de pijplengte verdubbelen en delen op de snelheid van het geluid (330 M/Sec). Voor 8' komen we dan op + 67 Hz.

Van sommige blokorgels is de stemming aangegeven met 8'-4'-2 2/3'-2'.

Dat betekent dat op iedere toets een accoord stond, zoals in de toenmalige zangpraktijk gebruikelijk was.

Het accoord komt overeen met :

C - c - g - c¹

Het blokwerk ontwikkelde zich in twee richtingen. In de eerste plaats door meer klavieren te gebruiken met elk een verschillend klinkend blokwerk. In de tweede plaats door aan één klavier een tweede blokwerk toe te voegen (Hintersatz) dat onafhankelijk van het eerste van wind voorzien werd.

We spreken dan van een registerorgel.

Geluidsisolatie

Van het "SERVICE BUREAU ZUID HOLLAND" ontvingen we een heel duidelijke brochure over akoestiek en hoe overlast te vermijden is. De brochure is bedoeld voor jongerencentra, maar iedereen die iets aan de galm in zijn huis wenst te doen, vindt er bruikbare tips en konstruktietekeningen in. De brochure is aan te vragen bij het Servicebureau Zuid Holland, Heemraadssingel 206 in Rotterdam, telefoon 010 - 77 50 66. (Vragen naar de Heer Wijnberg)

Omstreeks 1450 vinden we de eerste exemplaren van die registerorgels. Met zo'n orgel kon je dus "registreren", d.w.z. dat je als speler de keuze had uit de klank van blokwerk I of II of de combinatie van beide.

We willen hier enkele voorbeelden geven van orgels uit die tijd, waarvan nog notities bewaard zijn gebleven :

Halberstadt Dom 1361

het bovenste klavier/diskant
H - g¹ a / 22
volle werk XXXII, XLIV en LVI 32'

het middelste klavier/diskant
H - g¹ a / 22
principaal 32' (+ 16' + 8' + 4')

het derde klavier/bas
1H - B/12
principaal 32' (+ 16' + 8' + 4')

het pedaalklavier/bas
1H - B/12
volle werk XVI, XX en XXIV 32'

De voetmaten zijn relatief, d.w.z. dat 32' = 2 oktaven lager, 16' = 1 oktaaf lager, 8' = normaal en 4' = 1 oktaaf hoger.

De bovenste twee klavieren waren gelijk gestemd doch 1 oktaaf hoger dan de onderste twee. We spreken dan van "diskant" en "bas"klavieren. Op-

NRC!

Op 19 augustus j.l. troffen we een artikel aan van Simon Rozendaal over de Compact Disc.

Wat opviel was de duidelijkheid en de leesbaarheid van dat artikel. Iets wat met betrekking tot een dergelijk complex onderwerp zelden het geval is en zeker niet in een dagblad.

MOSFET eindversterker

In Wireless World van juni, juli en augustus stonden drie artikelen van J.L. Linsley Hood, waarin hij het ontwerp en de theorie van een 80 Watt eindversterker beschreef. Helaas waren de metingen aan het ontwerp wat summier en we kunnen geen oordeel geven over het hoorbare resultaat.

Toch gefundenes fressen voor andere ontwerpers.

COMPACT DISC NIEUWS

Volgens de laatste berichten zullen de compact-disc-spelers van SONY en PHILIPS omstreeks maart 1983 verkrijgbaar zijn.

Wij zullen vóór die datum deze nieuwe geluidsdrager voor U testen. De resultaten worden waarschijnlijk gepubliceerd in AUDIO & TECHNIEK nummer 83/2.

merkelijk is dat er verschil wordt gemaakt tussen "principaal" en "volle werk".

We mogen veronderstellen dat in dit geval het volle werk bestond uit een mixtuur, die zich duidelijk onderscheidde van de principaal klank, ook omdat daarin on-even harmonische waren opgenomen, zoals de tertsen 2 2/3'.

Verder valt op dat het aantal pijpen per toets toenam (bij het bovenste klavier) van 32 tot 56 stuks en dat over slechts 22 toetsen. Het toenemen van het aantal pijpen had er mee te maken dat men toen nog geen mensuurtechniek beheerste. Dat betekende dat de pijpen op één rij vrijwel dezelfde diameter hadden. Slechts de lengte was verschillend. Daardoor ontstond verschil in luidheid en om dat te compenseren werden gewoon steeds meer pijpen per toets gebruikt naarmate de stemming hoger werd.

Van enkele orgels is nog precies bekend hoe ze opgebouwd waren, zoals het orgel van de kathedraal te Dijon:

Blokwerk van Dijon uit 1334

	principaal	oktaaf	quint
2H - 1F	2	2	2
1F	2	2	3
½Fis - 1B	2	2	3
½H - Cis	2	3	4
D - E	2	3	4
F en Fis	2	4	5
G - B	2	4	5
H - e ₁	2	4	6
f - c ₁	2	5	7
cis ¹ - a ¹	2	6	8

superoktaaf

2
2
3
3
4
4
5
6
7
8

De stemming komt overeen met 8' - 4' - 2 2/3' en 2'.

De 15e eeuw

In deze tijd ging men een grotere klavieromvang toepassen tot 3 à 4 octaven. Dat betekende echter dat men moeilijkheden kreeg met de stemming van de hoogste tonen in het volle werk en/of Hintersatz. Men bereikte de grenzen van het hoorbare en was gedwongen om een andere weg in te slaan. De nieuwe vinding, die werd gedaan en die tot op de dag van heden toegepast wordt, is die van de "repeterende mixtuur".

Daarbij blijft de stemming over het gehele klavier in ongeveer dezelfde toonhoogte. De stemming van de mixtuurpijpen wordt binnen één oktaaf gehouden en herhaalt

zich steeds. In combinatie met de melodievormende ondertoon vormt de mixtuur dan een soort bijkomende "zilverglans" die over de gehele klavierbreedte eenzelfde klankindruk geeft.

Deze repeterende mixtuur had veelal een grote bezetting van 6 tot 14 pijpen per toets. Daarom bleef deze mixtuur vaak op een apart blokwerk geplaatst met een eigen sperventiel.

Daarnaast ontstond de "cimbel"-stem, een zeer hoog liggende mixtuur, die echter met maar weinig pijpen bezet was en vaak geplaatst werd op dezelfde windlade als de principaal. In de 15e eeuw komen ook de eerste tongwerken voor. Dat waren toen meestal "regalen", die over de gehele klavierbreedte dezelfde bekerdoorsnede hadden.

In een later stadium werd in Frankrijk, Italië en Engeland de rijenstijl ontwikkeld. Daarbij werd voor het eerst het blokwerk opgesplitst in enkele rijen apart bedienbare octaaf en quintregisters.

Een nadeel van de orgels uit het begin van de 15e eeuw was het verloop van de klank.

Indien eenzelfde diameter pijp wordt gebruikt voor verschillende toonhoogtes verloopt de klank als volgt :

Lange pijpen zijn relatief smal en geven daardoor een helder geluid, meer harmonischen.

Korte pijpen zijn relatief breed en geven een dof geluid met minder harmonischen.

De laagste tonen waren dus helder en de hoogste dof of mat.

In de tweede helft van de 15e eeuw werd geëxperimenteerd met mensuren om over het gehele klavier een gelijksoortige klank te krijgen.

Een voorbeeld van de toenmalige nieuwe orgelbouw vinden we weer in Dijon :

Kathedraal Notre Dame, gebouwd omstreeks 1447 door Jehan du Mexe

Hoofdwerk :

8' - 4' principaal cimbel (op dezelfde lade maar apart bedienbaar) ½' - 2/5' - en 1/3' repeterend in octaven, quinten en tertsen tot : 4' - 3 1/5' - 2 2/3'

mixtuur : 4' - 2 2/3' - 2' - 1 1/3' - 1' en 2/3'.

Rugpositief :
principaal 8' - 4' - 2'.

Pedaal : 8'.

Opvallend is hier het gebruik van tertsen (5e harmonische = 3 1/5' - 1 3/5' - 4/5' en 2/5').

VERSTERKERS

Zijn er goede versterkers? Aanpassing is het zwakke punt

De versterker is onderdeel van de geluidsketen. Daarom is de beoordeling van een versterker mede afhankelijk van de andere delen in die keten. Twee conclusies kunnen we nu al trekken: in ieder geval bestaat geen ideale versterker én er zijn uitgesproken wanproducten op de markt.

Deze artikelserie gaat mede over ontwerpcriteria en praktische oplossingen, zoals die door verschillende fabrikanten geboden worden. Vooruitlopend op komende testprogramma's kunt U alvast enig zicht krijgen op onze benadering bij de beoordeling van versterkers. Wellicht vindt U in dit artikel ook een oplossing voor een al bestaand probleem.

Algemeen

De versterker is regelmatig het onderwerp van discussie. Er wordt vaak gedacht dat de huidige technologie zo geperfectioneerd is, dat er niets meer te verbeteren valt.

Uit het gegeven dat er steeds weer nieuwe apparatuur op de markt komt met steeds weer nieuwe technieken blijkt al dat ontwerpers daar anders over denken. In de praktijk is ieder ontwerp een compromis en wellicht zult U na lezing van onze artikelen tot de conclusie komen dat de techniek niet volmaakt is en dat de geluidstechniek nog ver van het uiteindelijke doel is.

Eisen

Voor we dieper ingaan op het onderwerp willen we de eisen op een rij zetten, waaraan een versterker zou moeten voldoen:

1. een versterker mag niets toevoegen of weglaten aan het geluidsbeeld;
2. de diverse aanpassingen moeten zodanig zijn dat de werking van de andere schakels in de keten niet nadelig beïnvloed wordt;
3. feilen in de overige schakels van de keten moeten indien mogelijk door de versterker ongedaan gemaakt worden;
4. de schakeling moet betrouwbaar zijn;
5. bij veranderingen of vervanging van de overige apparatuur dient het gestelde in de punten 1 t/m 4 gehandhaafd te blijven;
6. het geheel moet ongecompliceerd te bedienen zijn;
7. een versterker moet geen storend element zijn in een normale leefomgeving.

De laatste twee punten vallen buiten het kader van deze artikelen.

De drie eerste punten houden verband met elkaar. Dat kan leiden tot een apparaat dat op één van die punten verstek laat gaan.

Over het weglaten kunnen we kort zijn. In een moderne versterker wordt doorgaans niet veel weggelaten. In ieder geval niet in de meetopstelling!

Er kan natuurlijk discussie zijn over de bandbreedte. De één vindt dat er boven 15 kHz niets meer waar te nemen valt en de ander is van mening dat alle harmonischen van een instrument (en die kunnen doorlopen tot 100 kHz) behoren te worden weergegeven.

Aan de onderkant van het geluidsspectrum ligt de zaak een beetje anders. Een versterker kan DC-gekoppeld zijn, d.w.z. vanaf 0 Hz recht weergegeven. Hij kan ook een kantelpunt hebben bij bijvoorbeeld 15 of 20 Hz. We komen daarop terug bij de behandeling van de voorversterker.

Toevoegen of weglaten.

Toevoegen is natuurlijk uit den boze.

De ideale versterker zou géén versterker zijn.

Of, anders gezegd, zou een goede versterker zich moeten gedragen als een draadverbinding tussen in- en uitgang. Toevoeging is er echter altijd. Iedere versterker heeft een ruisdrempel.

Vaak is er brom waarneembaar en de meeste, zo niet alle actieve elementen hebben kromme karakteristieken en dat betekent vervorming ofwel toevoeging.

Je zou kunnen zeggen: hoe minder transistors, hoe liever.

Ook uit het oogpunt van betrouwbaarheid kan dat aantrekkelijk zijn.

Echter, gezien de aanpassingseisen zijn er vaak meer transistoren nodig om redelijk functioneren te waarborgen.

De ontwerper kan op verschillende manieren de vervorming onderdrukken.

Ten eerste, door de versterkerelementen (transistoren) wat meer te laten versterken, resp. meer transistoren te gebruiken en daarna een grote (overall-)tegenkoppeling toe te passen.

Die methode impliceert dat we eerst méér vervorming krijgen, die we daarna weer teniet doen.

Een andere methode is, de transistoren slechts in een beperkt gebied

van hun karakteristiek te laten werken, waardoor de vervorming per transistor afneemt.

Bij sommige ontwerpen leidt dat tot een dusdanige conceptie, dat tegenkoppeling niet meer nodig is, dan wel dat een geringe mate van tegenkoppeling al volstaat.

Fasedraaiing zouden we ook toevoegen kunnen noemen. Bij bepaalde manieren van schakelen (kantelpunten) kan fasedraaiing ontstaan binnen het weer te geven gebied. Het allerergste is het als de fasedraaiing in de twee kanalen van een stereosysteem verschillend is. In dat geval vervaagt het stereo-beeld. Dat is reden waardoor de ene versterker "doorzichtiger" klinkt dan de andere.

Het is duidelijk, dat als een versterker niet het gehele frequentiegebied weergeeft, er iets weggelaten wordt.

Een versterker kan verschillend reageren onder verschillende omstandigheden. In het laboratorium kan hij heel goed meten als er een meetweerstand wordt gebruikt.

In de huiskamer hebben we echter een luidspreker staan en zo'n luidspreker kan een zogenaamde "complexe" belasting vormen. In dat geval kan de werking van een versterker zodanig beïnvloed worden, dat er inderdaad iets weggelaten wordt.

Aanpassing

Dit is dan meteen het moeilijkste onderdeel van dit verhaal.

Onder aanpassing verstaan we dat het ene moduul op het andere past. Het klinkt zo simpel, je sluit "even" je versterker aan. Pluggen worden in in- en uitgangen gestoken en er komt waarachtig geluid uit. Dus het zal wel goed zijn! Als U inmiddels aan de schrijfstijl gewend bent, zult U nu wel weer een adder onder het gras vermoeden: en jawel, inderdaad, vaak is het NIET GOED.

Nu kun je aan een bestaande installatie weinig veranderen, behalve misschien, dat er zeer dikke gevlochten kabels naar de luidspreker gaan (voor twee kanalen) liefst van gelijke lengte, en U vergulde stekkertjes koopt voor pick up en recorder. Echter, als U iets nieuws koopt, dan kunt U rekening houden met goede aanpassingen.

Laten we bij de ingangen beginnen.

Indien U een versterker (of regelversterker) koopt met een ingebouwde voor-voorversterker, dan is er wat dat betreft weinig aan de hand. Een moving-coil-element (MC-element) is doorgaans zo laagohmig dat U geen aanpassingsproblemen kunt krijgen.

In sommige versterkers zit echter geen voor-voorversterker, ook al staat er bij de keuzeknop: MC. In dat geval is er in de versterker een transformator gemonteerd, die

VERSTERKERS

het signaal omhoog brengt tot op het niveau van een MD-element. Zo'n transformator is wél kritisch in zijn aanpassing. Indien U een (ander) MC-element zou aanschaffen met een andere impedantie, dan de ingangsimpedantie van die transformator (zoals gespecificeerd door de versterker-fabrikant), dan kan het mis gaan. U heeft dus

Falklands en Libanon

Wat heeft dat nou met audio te maken? Mijns inziens niet veel, maar in het NRC-HANDELSBLAD van 21 augustus trof mij een artikel, waaruit sommigen misschien lering kunnen trekken.

Het is zeker voor micro- en chipfanaten een gegeven om van te smullen.

Het artikel gaat over de wapens die in de laatste oorlogen gebruikt zijn.

Zoals we allemaal weten is het militaire arsenaal regelmatig verbeterd door de toepassing van micro-electronica. Daarbij denken we aan geleide wapensystemen, raketten met ingebouwde radar en dergelijke.

Dit soort systemen blijken bij nader onderzoek jammerlijk gefaald te hebben. Staaltjes van elektronisch kunnen zoals de Exorcet en SAM-6 raketten hebben het moeten afleggen tegen mitrailleurs en lange afstandskanonnen. De werkelijkheid blijkt dus weer eens anders te zijn dan sommige krantebberichten ons willen doen geloven.

In ieder geval ben ik weer gesterkt in mijn mening, dat we zeker kritisch moeten blijven tegenover het micro-electronisch geweld.

Of het nu gaat over militaire trefzekerheid of definitie en finesse bij geluidswaergave, het zijn de resultaten die tellen!

TE LAAT

Ondanks veel nachtelijke arbeid en transpiratie is ons eerste nummer te laat verschenen. Dit nummer was bedoeld voor september & oktober.

Wanneer U dit in de bus krijgt dan zijn wij al weer hard in de weer met nummer 2/82. We hopen dat het tweede nummer omstreeks 10 december verschijnt. Net als bij nieuwe audio apparatuur hebben wij ook nog wat last van kinderziekten. Daarom: wordt niet al te boos, wij doen ons best. Bovendien wordt nummer twee dikker en interessanter!

geen vrije keus en moet daar altijd rekening mee houden. Wij kunnen daar geen voorstander van zijn.

De techniek ontwikkelt zich snel en het is heel voorstelbaar, dat U over enkele jaren voor een redelijke prijs een alternatief vindt voor Uw huidige element. Op dat moment komen de problemen. Een redelijke elektronische schakeling voldoet trouwens meer dan de meeste (goedkope) transformatoren.

Er zijn ook losse transformatoren voor dit doel verkrijgbaar. Sommige daarvan zijn gemonteerd in een speciaal kastje met daarop een knop waarmee men een af-takking kan kiezen op de transformator. Dan krijgt U wel een goede aanpassing. Het bezwaar is echter de veelal extreem hoge prijs.

Ook indien U een (goedkoop) MD-element aanschafft, kunnen er problemen met de aanpassing zijn. Gelukkig zijn de meeste elementen gespecificeerd voor een afsluitweerstand van 47 of 50 K Ω . Dat vindt U terug aan de ingang van vrijwel alle versterkers. Echter, een MD-element is kritisch voor zijn capaciteieve belasting. Die belasting wordt gespecificeerd tussen 100 en 500 pF.

Het is prettig om over een versterker te beschikken, die voorzien is van een omschakelknopje voor die verschillende capaciteiten. Onverschillig het door U gekochte element kunt U dan optimaal aanpassen. Er zijn ook losse condensatortjes in de (betere hi-fi-)handel, die U met klemmetjes op het element kunt bevestigen. Uiteraard is dat een nogal omslachtige methode, terwijl daarbij ook de massa van het element verhoogd wordt.

Het grootste probleem met pick-up-elementen komt nog: de spanningsafgifte. Die kan afhankelijk van het fabrikaat variëren van 1 tot 7 mV. Vrijwel alle versterkers worden gespecificeerd met een gevoeligheid van 2,5 à 5 mV voor volle uitsturing. Heeft U nu een element met een gespecificeerde spanningsafgifte van 7 mV en een versterker met een gevoeligheid van 2,5 mV, dan kunt U die versterker "oversturen".

Om het probleem goed te begrijpen moeten we wat dieper hierop ingaan. We hadden het tot nu toe over een gemiddelde effectieve waarde.

De piekwaarde is ongeveer:

3 x effectieve waarde.

De piekwaarde is de spanning tussen de positieve en negatieve toppen van het signaal.

Dat is een elektrische uitdrukking en heeft nog niets te maken met signaalpieken.

Het maximale signaal, dat U van

een goede plaatopname kunt verwachten, bij een paukenslag o.i.d., is 30 à 40 x zo hoog als het gemiddelde signaal.

Sommige versterkerfabrikanten specificeren ook het maximaal toelaatbare signaal aan de ingang. Dat moet voor een ingang van 3 mV dus tenminste 100 à 120 mV bedragen (effectief). Als we op die ingang een element met grote spanningsafgifte, bijv. 7 mV, aansluiten, dan wordt die maximale spanning 210 à 280 mV.

We maken even een zijsprong naar de andere specificaties van de versterker.

De andere ingangen zijn ook gespecificeerd. Voor TAPE, TUNER, AUX etc. wordt een gevoeligheid van omstreeks 100 mV gespecificeerd. Het is nu de bedoeling dat de voorversterker voor MD op hetzelfde niveau komt.

Dat betekent dat de MD-voorversterker bij een ingangsgoetheid van 3 mV omstreeks 30 x moet versterken (bij 1 kHz, denk aan RIAA) om op 100 mV te komen. Als dat zo is, dan krijgen we bij de paukenslag van daareven een uitgangsspanning uit de MD-voorversterker van 30 x 120 mV = 3600 mV ofwel 3,6 V.

Sluiten we dat element met hoge spanningsafgifte aan, dan komen we aan waarden van omstreeks 10 Volt. De piekwaarde van 10 Veff is omstreeks 30 V-top-top.

Electronisch kan zo'n signaal alleen verwerkt worden, indien de voedingsspanning hoger is dan 30 Volt. Een blik op het schema vertelt ons voldoende!

De zaak wordt ongunstiger, indien de ingangsgoetheid van de versterker voor TAPE, TUNER en AUX hoger is dan 100 mV. Bij 150 mV krijgen we piekwaarden van 45 Vtt. We komen dan aan de grenzen van de elektronische mogelijkheden, omdat er nauwelijks ruisarme transistoren zijn die dergelijke spanningen kunnen verwerken.

De zaken nog een keer op een rij gezet, dan kunnen we tot het volgende cisenpakket komen:

1. Ingebouwde MC-voor-voorversterker.
2. Omschakelbare ingangscapaciteit voor MD.
3. Eventueel omschakelbare afsluitweerstand voor MD.
4. Regelbare (in stappen) versterking van de MD-voorversterker.
5. Gevoeligheid algemene ingangen niet groter dan 100 mV.
6. Voedingsspanning omstreeks 30 V.

Tot zover de voorversterkers. De volgende keer gaan we wat verderop in de schakeling kijken.

RUIS

door Peter van Willenswaard.

Inleiding

Dit is een wat dieper gravende artikelen reeks van Peter van Willenswaard. Je verwacht dan natuurlijk een puur technische benadering.

Echter, iedereen die iets met audio van doen heeft, (en dat bent U toch ook?) heeft ook met ruis te maken. Ruis is een algemeen voorkomend fenomeen, dat wordt veroorzaakt aan versterkingen, door banden en cassettedecks, en ook, jawel, bij de nieuwe digitale technieken zoals de compact disc.

Maar realiseerde U zich dat ruis er ook al is *zonder* elektronica? Gewoon in de lucht, in de concertzaal én in Uw huiskamer.

We hebben getracht de artikelen in zo goed en begrijpelijk mogelijk Nederlands op papier te zetten. Voor een algemene indruk (en misschien wat meer inzicht) hoeft U alleen de formules maar over te slaan.

Commentaar zien we natuurlijk graag tegemoet.

Ruis in de laag-frequent audio signaalweg

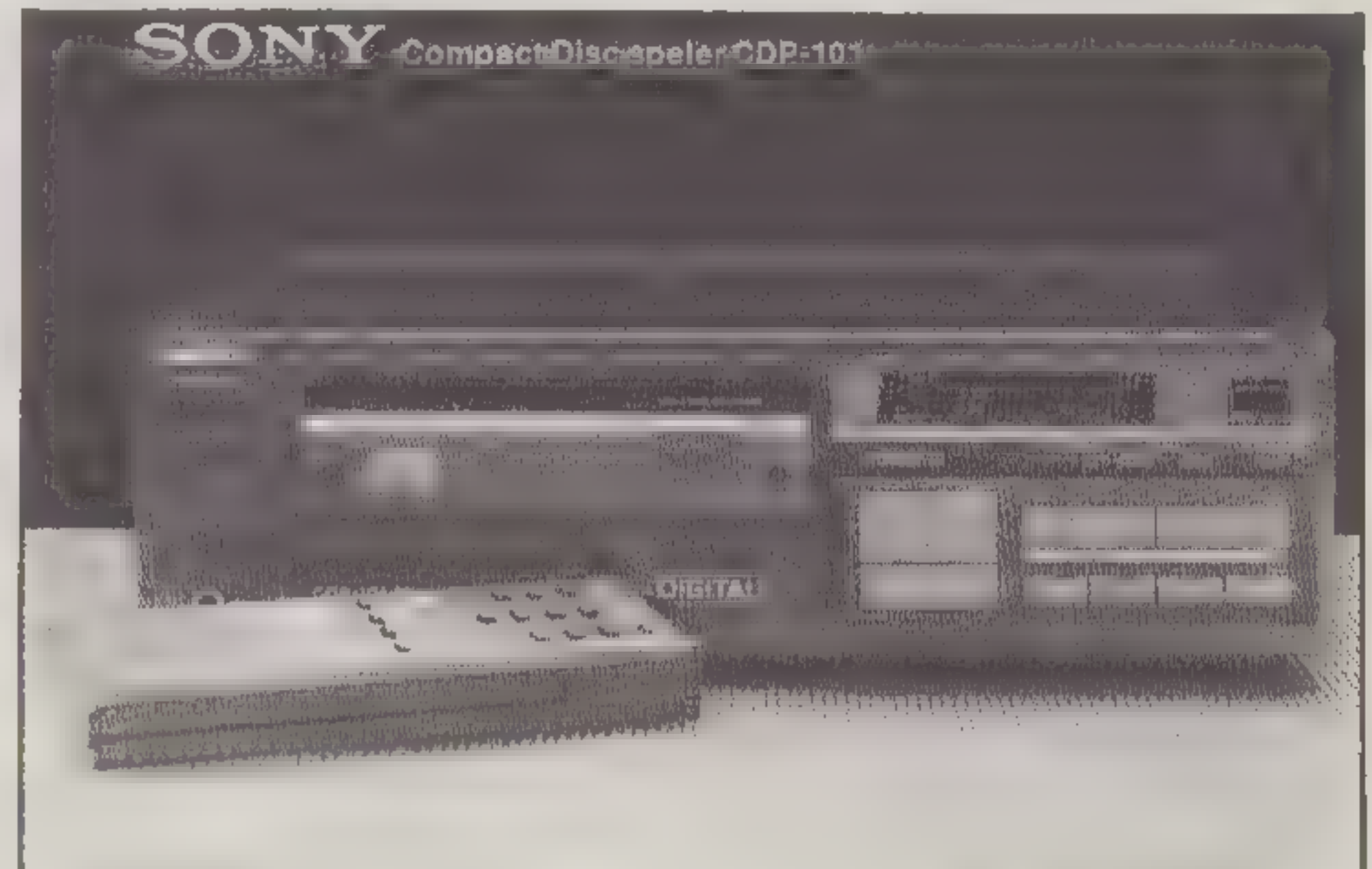
Dit verhaal beoogt wat begrip te kweken op een gebied waar verwarring en frustratie nogal eens het zicht belemmeren op wat zich achter de mythische coulissen afspeelt.

Het is bedoeld voor diegenen die gewoon wel eens willen weten hoe het zit, maar vooral voor hen, die zelf wel eens iets proberen en hun ijver met potlood, papier en soldeerbout bekroond willen zien.

De decibellen

Natuurlijk handelen deze artikelen ook over getallen, dB's en bronimpedanties, maar we zullen tevens ingaan op praktisch-situaties, ontwerpfilosofie en het gebruik van (of juist het vermijden van -) bepaalde actieve en passieve componenten. Waar nu te beginnen? Eerst zullen we maar even in het kort de dB-kennis oprispen.

De Bel is de logaritmische lachspiegel, die het mogelijk maakt spannings- dan wel vermogensverhoudingen van bijv. 1:100.000 op een overzichtelijke en hanterbare manier weer te geven.



Er is nog een reden om in *logaritmische* verhoudingen te omschrijven. Ons gehoor werkt bij het vaststellen van harder en zachter geluid (bij benadering) ook logaritmisch.

De logaritme van 2 is 0,3 en die van 10 is 1, zodat het handig is om in tienden van logaritmen te rekenen. Om deze reden wordt de *deci*-Bel gebruikt. De uitkomsten zijn dan met tien vermenigvuldigd. Dus naar het voorbeeld van het bovenstaande: 3 dB voor een vermogensverhouding van 2 en 10 dB voor een vermogensverhouding van 10. 100 keer zoveel vermogen wordt 20 dB. 100.000 keer wordt 50 dB. De kern van de logaritmische omzetting is dat vermenigvuldigen optellen wordt; 10 maal 10 keer zoveel vermogen wordt dan 10 dB + 10 dB = 20 dB

meer vermogen. De gebruikelijke denk- en rekenwijze in de audio-elektronica houdt zich echter meestal meer met *spannings*verhoudingen en *spannings*versterkingen bezig dan met *vermogens*verhoudingen. Het verband tussen spanning (U) en vermogen (P) loopt via de wet van Ohm en luidt :

$$\frac{U^2}{Z} = P \quad (1)$$

Als de impedantie (Z) hetzelfde blijft, ligt de relatie van U met P vast, en zijn de zgn. spannings-dB's niet van de vermogens-dB's te onderscheiden.

Verandert de impedantie, dan vallen ze niet meer over elkaar (bijv. R_i eindversterker = 8 kOhm en R_l luidspreker = 8 Ohm, de spanningsversterking A_v = 40x, dan is de spanningsverster-

king 32 dB; de vermogensversterking is echter veel groter nl. 62 dB). Om de algemene mathematische opzet niet te doorbreken wordt voor de spanningsverhouding toch dezelfde dB-schaal gebruikt als voor de vermogensverhouding, ook al vallen ze niet over elkaar heen (andere Z). Dit betekent nu, dat de dB-uitkomst van een spanningsverhouding nog met 2 vermenigvuldigd moet worden, vanwege de kwadratische relatie tussen P en U :

$$P \leftrightarrow U^2 = U \times U$$

en aangezien vermenigvuldigen optellen werd, leidt $U \times U$ tot een dubbel dB-cijfer.

Een spanningsverhouding (versterking) van 2 leidt dus niet tot 3 maar tot 6 dB.

3 x is bijna 10 dB
4 x is uiteraard 12 dB
5 x is ongeveer 14 dB
6 x is bijna 16 dB
7 x is ongeveer 17 dB
8 x moet 18 dB zijn
9 x wordt 19 dB
10 x is 20 dB

Voor elke 10 x komt er 20 dB bij :

100 x = 40 dB
1.000 x = 60 dB etc..

Decibellen drukken altijd een verhouding uit. Bijvoorbeeld van uitgang t.o.v. ingang (versterking dus), of van signaal tot ruis.

Op zich maakt het gegeven : ruis = -90 dB

je niets wijzer, tenzij je weet dat het bijv. om een 100 mV ingang gaat, in dat geval zal het wel t.o.v. die 100 mV zijn gemeten.

Als er over 120 dB dynamiek gesproken wordt, moet je echt goed uitkijken. Vaak wordt dan bedoeld het ruisniveau t.o.v. de maximale ingangsspanning. Die maximale ingangsspanning van een 100 mV ingang kan best 10 V zijn (vóór oversturing) en het verschil tussen 100 mV en 10 V is 40 dB.

Voor normale signaalbronnen van 100 mV blijft er dan slechts een verhouding over van :

$$SN = -80 \text{ dB}$$

MD-ingangen worden vrijwel altijd gespecificeerd t.o.v. 10 mV ingangsspanning (bij 1 kHz-RIAA). Indien U dan bijv. een element aansluit, dat 2,5

mV afgeeft, dan wordt het ruisgetal 4 x slechter ofwel 12 dB.

Dus specificeert de versterkersfabrikant voor een MD-ingang :
S/N = -72 dB, dan wordt dat in het genoemde geval (element = 2,5 mV) :
S/N = -60 dB !

Voor de wiskundigen nog even de formules :
bij vermogens geldt :

$$10 \log \frac{P_1}{P_2} \quad (2)$$

bij spanningen geldt :

$$20 \log \frac{U_1}{U_2} \quad (3)$$

bij stromen geldt :

$$20 \log \frac{I_1}{I_2} \quad (4)$$

Dit geldt allemaal bij gelijke impedanties.

bij variërende impedanties geldt voor spanningen :

$$20 \log \frac{U_1}{U_2} + 10 \log \frac{Z_2}{Z_1} \quad (5)$$

We komen nu toe aan enkele definities. We kunnen spannings- en ruisniveaus meten t.o.v. één standaardniveau, te weten 1 Volt.

1 V = 0 dBV (ongeacht de impedantie)

Dan is 20 dBV = 10 V en -20 dBV = 100 mV etc..

Een andere standaard is de dBm.

775 mV = 0 dBm (dat is 1 mV over 600 Ohm)

De dBm wordt vooral in de telecommunicatie gebruikt.

We kennen ook de dBW :
0 dBW = 1 W

En tenslotte kunnen we nog de dBA aantreffen. Hierin verwijst de laatste letter naar de "DIN-A-weging". Dat is een meetmethodiek, waarbij rekening wordt gehouden met het gegeven dat ons oor voor hoge en lage tonen minder gevoelig is. Onder 50 Hz en boven een paar kHz wordt de doorlaat verzwakt met een flauwe filterhelling. In de praktijk betekent dat meestal dat je 5 à 10 dB minder ruis meet. Dat is "gezien" vanuit het gehoor wel realistisch.

Wanneer wordt ruis hinderlijk?

Dit hangt van een aantal factoren af. Bijvoorbeeld of je een kamer aan de straat- of aan de achterkant van het huis hebt. De mate waarin "andere" geluiden hoorbaar zijn bepaalt in hoeverre je de ruis van de installatie (of band, of plaat) nog hoort.

's Avonds laat is het in de stad heel wat stiller dan 's middags om een uur of vijf. Maar misschien woon je wel tussen de weilanden en in dat geval wordt het een stuk kritieker!

In de Verenigde Staten, bijv., leeft de hele middle- en upperclass met air conditioning, en het is voorgekomen dat een Amerikaans apparaat pas ná export naar Europa onaanvaardbaar bleek te brommen en te ruisen. Laten we maar met het luidsprekersysteem beginnen. De gestandariseerde meetmethode van luidsprekers is : toevoegen van een vermogen van 1 Watt en dan meten (met een microfoon) op een afstand van 1 Meter (in een dode kamer).

Een goede luidspreker geeft onder die omstandigheden een geluidsdruk af, die ongeveer 87 dB ligt boven wat het gehoor als absolute stilte ervaart (0 dB).
1) Van 1 Watt naar 100 Watt is 20 dB. Je kunt dan met een 100 watt versterker geluidspieken scheppen van 107 dB (87 dB + 20 dB).
2) Als er een tweede luidspreker bijkomt voor de zo broodnodige stereoweergave, dan levert dat 3 dB extra op (en niet 6).

Nu zit je meestal op een afstand van meer dan 1 Meter van je boxen, waardoor de geluidsdruk minder is. Aan de andere kant, zit je niet in een "dode" kamer en wordt het geluid teruggekaatst, waardoor de geluidsdruk weer toeneemt.

Bij je stoel kun je wel 105 dB halen en dat is behoorlijk hard, want de pijngrens ligt bij 120 dB.

Enige andere vergelijkende waarden :

een straat met druk verkeer = 80 à 90 dB,

**AUDIO
& TECHNIEK**

NOTEN

1) Bij stilte, 0 dB, is er nog wel enige geluidsdruk, maar die kan het oor niet meer waarnemen. Men heeft die 0 dB-grens ge-standardiseerd op 20 µPa.

2) Een waarschuwing is hier wellicht op zijn plaats, 105 dB in de piek is hard genoeg; in een concertzaal met een symphonie-orkest dat volledig uithaalt, wordt zo'n niveau op de voorste rijen maar nauwelijks gehaald.

Meetbare gehoorbeschadiging treedt op bij blootstelling aan 80 dB continu gedurende 8 uur. Bij elke 3 dB meer is steeds de helft van de tijd nodig.

100 dB wordt dus schadelijk na

$$\frac{8}{2^7} = \frac{1}{16} \text{ uur} = 4 \text{ min.}$$

gesprekken in een kamer = 60 dB,

de stilte in de concertzaal vlak voor "het." begint = 20 dB,

het nog net waarneembare geritsel van bladeren in een zuchtje wind = 20 dB.

Hoe stil moet nu de (eind-)versterker zijn?

Een erg stille plaat kan een signaal-ruisafstand hebben van 60 à 70 dB. Met een heel goede cassette-recorder en speciale opnamen is 80 dB haalbaar.

De apparatuur zou daarom net iets beter moeten zijn dan, laten we zeggen, 85 dB.

Met de genoemde luidsprekers is het ruisniveau op 1 Meter afstand in dat geval nog 22 dB.

In een stille kamer is de ruis 's avonds hoorbaar, voor een perfectionist zelfs op hinderlijke wijze. Let wel, we hebben het over een installatie, die verder in rust is en waarvan de plaat of cassette tot stilstand is gekomen. Ruis op ca. 95 dB beneden het 100 W niveau wordt echt onhoorbaar, tenzij je massochistisch bent ingesteld en met de oren voor de speakerkast gaat hangen.

Overigens bestaan er luidsprekers met een rendement van 96 dB/W/M, waarmee je dus nog 10 dB verder omlaag moet wat betreft je ruiseisen aan de (eind)versterker.

In geval van een 25 W versterker is de eis trouwens 6 dB minder streng; zou je daarentegen een 400 W versterker gebruiken, hetgeen 6 dB méér maximum vermogen inhoudt, dan moet je dus 6 dB minder ruiseisen voor onhoorbaarheid bij alles-in-ruste.

Enorm lage ruisniveaus, als -130 dB zijn dus overbodig en kunnen schadelijk zijn voor het hoorbare geluid. De ruis van een eindversterker wordt hoofdzakelijk bepaald door de ingangstrap; als de ontwerper in zijn jacht naar nog minder ruis heeft gekozen voor een te lage

instelstroom, dan kunnen er diverse nare effecten optreden. Daarover later meer.

Absolute grenzen

De waarde van de impedanties in de ingang van een versterker bepaalt de maximale ruisafstand (zie grafiek). De meest elementaire vorm van ruis, thermische ruis, wordt bepaald door enerzijds de weerstand en anderzijds temperatuur en frekwentie of bandbreedte. Tegenkoppeling of toepassen van supercomponenten verandert hier niets aan. Die ruis wordt op moleculair niveau bepaald door de onrust van deze kleinste vaste stofdeeltjes, deze onrust stijgt of daalt met de temperatuur.

Pas bij het absolute nulpunt van -273°K staan ze stil. Echter bij kamertemperatuur bedraagt omgekeerd de absolute temperatuur ca. 300° Kelvin, zodat 10° meer of minder dan weinig interessant zijn.

Als de ingangsgevoeligheid van een eindversterker 500 mV (fig. 1) is en de ingangsimpedantie wordt bepaald door een weerstand van bijv. 22 Kohm dan bevat alleen die weerstand al een ruis, die 106 dB beneden die 500 mV ligt. Indien de ingangsconfiguratie zodanig is, dat de uitgangsweerstand van een regelversterker bepalend is voor de ruisvloer, dan is er meer mogelijk.

Een uitgangsimpedantie van bijv. 1 Kohm (fig. 2) in de regelversterker levert een thermische ruis van -120 dB (nog steeds t.o.v. 500 mV); maar in vrijwel alle gevallen veroorzaken de actieve elektronische componenten (transistors, fets) dan al meer ruis. Om een goed inzicht te hebben in de ruis sfeer volgt hier een grafiek van het verband tussen weerstand en thermische ruis, zulks t.o.v. een drietal spanningsniveaus. Hierbij is uitgegaan van een frekwentiebandbreedte van 20 kHz.

Links van de grafiek

staat het (thermische) ruisvoltage uitgezet.

De regelversterker

De plaats van de volumeregelaar in de regelversterker* is van groot belang voor de ruis in het alles-in-ruste geval. Als je de regelaar nl. aan de uitgang zet en de normale positie van de knop "tussen twaalf en twee uur" plaatst (fig. 3), dan komt nog geen kwart van de spanning uit de voorversterkerschakeling op de ingang van de eindversterker terecht.

Ook de eigen ruis van de regelversterker lijkt dan 12 dB of meer verder weg; de ingangsconfiguratie van de laatste versterkertrap van de regelversterker hoeft dan relatief minder ruisarm te zijn. Bovendien kan, als je de knop dichtdraait, geen enkele ruis uit de regelversterker de eindversterker bereiken.

Toch zijn er een aantal zwaarwegende nadelen verbonden aan het plaatsen van de volumeregelaar aan de uitgang.

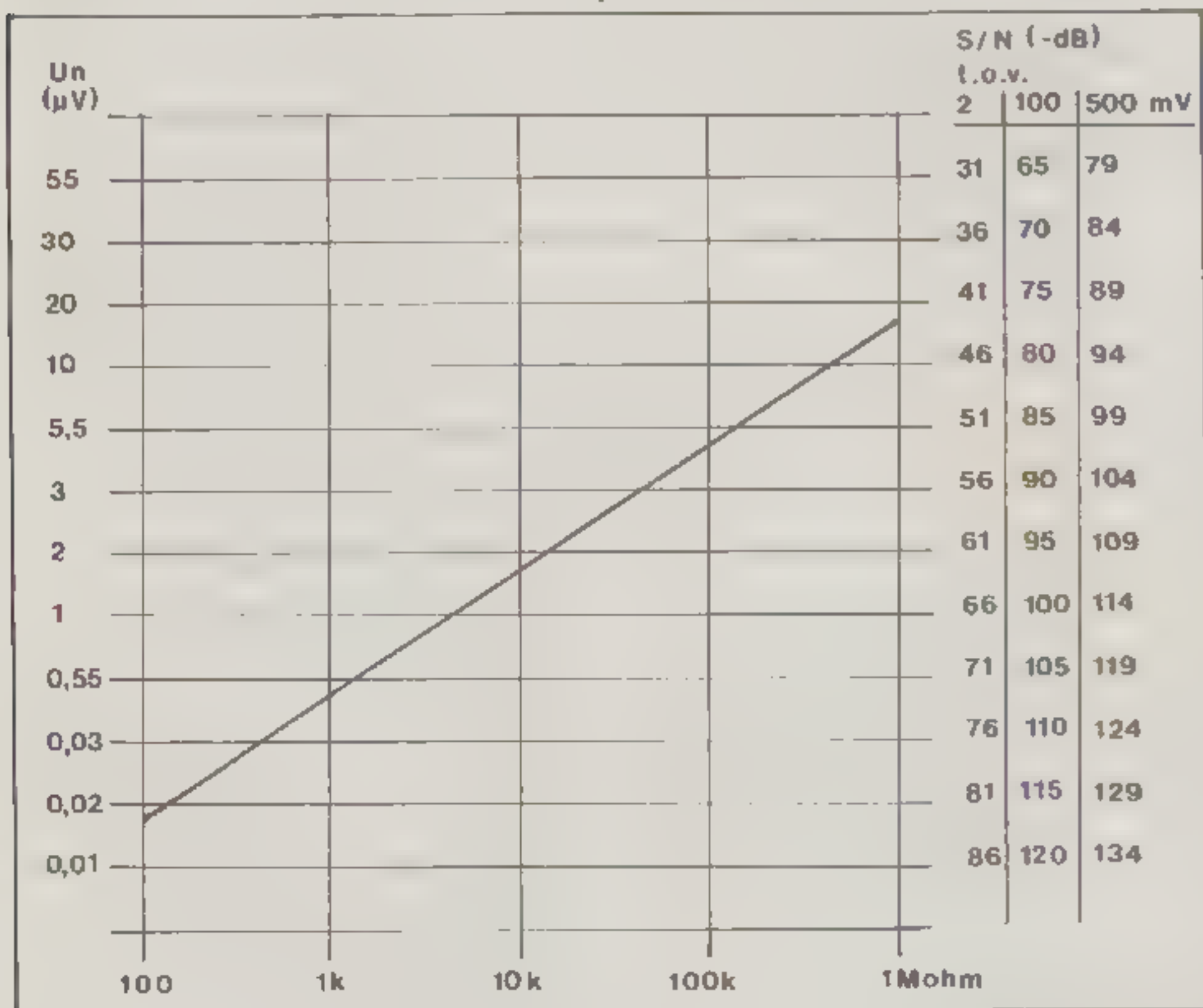
In het geval van een gescheiden regel- en eindversterker hangt er aan deze volume-potentiometer een flink eind afgeschermd snoer, waarvan de capaciteit best 1000 pF kan bedragen. Aangezien de uitgangsweerstand van de potentiometer bij iedere stand van de knop anders is, heb je met een veranderend hoogafkantselpunt te maken, hetgeen niet bepaald fraai te noemen is (fig. 4).

Als dit effect onhoorbaar wil blijven, dan is 1 Kohm toch echt wel de maximale waarde van de potentiometer en dat vormt een niet te verwaarlozen belasting voor de uitgangsversterkertrap van de regelversterker.

Nog een punt is de uitstuurbaarheid van die versterkertrap. Hiervoor zijn in principe drie zaken bepalend: op de eerste plaats de gevoeligheid van de eindversterker, meestal is 500 mV voldoende om zo'n ding voluit te sturen,

* NOOT

Zie WW nov. '76, D. Self, Advanced Preamp. Design



TABEL 1

maar sommige ontwerpen vragen 1 V (soms zelfs 2 V) en het is heel prettig als een regelversterker deze uitstuuringsversterker van 6 à 12 dB (2 tot 4x) bezit.

Op de tweede plaats is er het aanbod op de lijningangen (tuner, tape, aux).

Stel, dat het 100 mV ingangen zijn (fig. 5) en bijv. dat de aan te sluiten tuner een 100 mV-uitgang heeft. Dat wil dan nog niet zeggen,

dat die tuner niet af en toe bijna een hele volt kwijt wil. Die 100 mV is meestal een "nominale" niveau, d.w.z. het gemiddelde van programmateriaal. Je moet dan rekenen op pieken van 15 à 17 dB boven dat nominale niveau (bij popzenders ligt "nominale" veel hoger en zijn de uitschieters evenredig veel lager). Het ligt er dus maar aan wat je 100 mV noemt; uit een andere tuner of uit een cassettedeck

kan, als je de maximaal optredende spanningen bekijkt, tweemaal zoveel of zowenig komen. Ook dit vraagt een uitstuuringsreserve in de regelversterker van tenminste 12 dB.

Ten derde kan gebruik van een toonregeling ook nog een lekkere dB in het zakje doen, hoewel de gebruiker dat helemaal in eigen hand heeft. Sommige toonregelingen met een bereik van plus en min 18 dB lokken misbruik wel uit.

Optimale bemiddeling tussen alle eindversterkers enerzijds en alle tuners, cassettedecks enz. anderzijds, is met één regelversterker nauwelijks te realiseren. Met het oog op een min of meer universeel systeem lijkt echter, gelet op de eindversterkergevoeligheden ca. 12 dB versterkingsreserve wel gewenst. Hiernaast moeten de ingangen signalen tot ca. 30 dB boven hun eigen nominale niveau kunnen verwerken. (17 dB reserve voor programmapieken plus bijv. 12 dB om ook hogere nominale niveaus aan te kunnen).

De volume-potentiometer achter de versterker betekent dat aan de versterker zelf voortdurend helemaal open staat. Stel dat het nominale uitgangsniveau 500 mV is, dan moeten er in het ergste geval pieken van 42 dB daarboven worden verwacht, wat dus meer dan 50 V is! Met hoogspanningstorsen en een draadgewonden 1 Kohm volume-potentiometer kom je een eind, maar toch... en dan hebben we nog niet eens aan de toonregeling gezeten. Zelfs als je je op één (type) eindversterker richt, dan nog ligt de eis maar 12 dB = 4x lager. Dat wordt een dikke 12 Volt in de piek dus.

Goed, dan nu de meer voorkomende zaak, nl. de volumeregelaar wordt voor de uitgangsversterker gezet. De uitgangsversterker hoeft dan nooit meer dan 2 V af te kunnen geven, omdat hij direct met de ingang van de eindversterker wordt verbonden. Als hij bijv. 5x versterkt, dan moet (als we dezelfde eisen blijven stellen), de ingangsversterker zo gedimen-

sioneerd worden, dat die nog een Volt of tien aan de volume-potentiometer zou kunnen leveren. Dat is wel veel, maar de potentiometer mag nu best een hogere (weerstand)waarde hebben. Nu echter terug naar de ruis; want vanaf de ingang van de uitgangsversterker is het nu één open versterkend kanaal naar de luidspreker geworden.

De voor de eindversterker genoemde signaal-ruisverhoudingen worden hier ook geëist, maar vanwege een vijfmaal grotere versterking worden de absolute ruis-eisen 14 dB zwaarder.

Voor het "normale" geval van -95 dB betekent het, dat *alleen al* passieve componenten als weerstanden in het ingangscircuit van de regelversterker deze ruis kunnen veroorzaken indien hun waarde groter is dan 12 Kohm! Dit wil zeggen dat een volume-potentiometer van hooguit 50 Kohm alleen al voor die 95 dB kan zorgen: de "loper" in ongunstige stand, dat is halverwege, levert 25 Kohm//25 Kohm = 12,5 Kohm. Een lagere waarde van de potentiometer, 10 K of 25 K, verdient de voorkeur, vooral ook omdat de ingangsstroom van de transistor die er aanhangt, ook nog eens ruis kan veroorzaken (hoe meer weerstand, hoe meer ruis). FET-ingangen hebben daar geen last van, omdat er immers nauwelijks stroom loopt. Deze kennen echter andere problemen, waarover later meer.

Min 95 dB onder 100 mV is 2 uV en je moet echt je best doen om zo'n niveau te bereiken. Het blijkt bijv. dat mooi gespecificeerde IC's als LF 356 of TDA 1034 NB in de praktijk meer ruisen, dan uitgekende discrete versterkertrappen (discreet = opgebouwd uit aparte losse onderdelen zoals weerstand en transistoren).

LF 356 : 15 uV/ Hz bij 100 Hz, 12 uV/ Hz bij 1000 Hz, bij 20 kHz bandbreedte moet dat dus tussen 15 à 12x 20.000 nano Volt, dat is tussen 2,1 uV en 1,7 uV kunnen ruisen, maar dat doet 'ie gewoon niet, het is meer en dat is hoorbaar ook.

vervolg op pag. 22

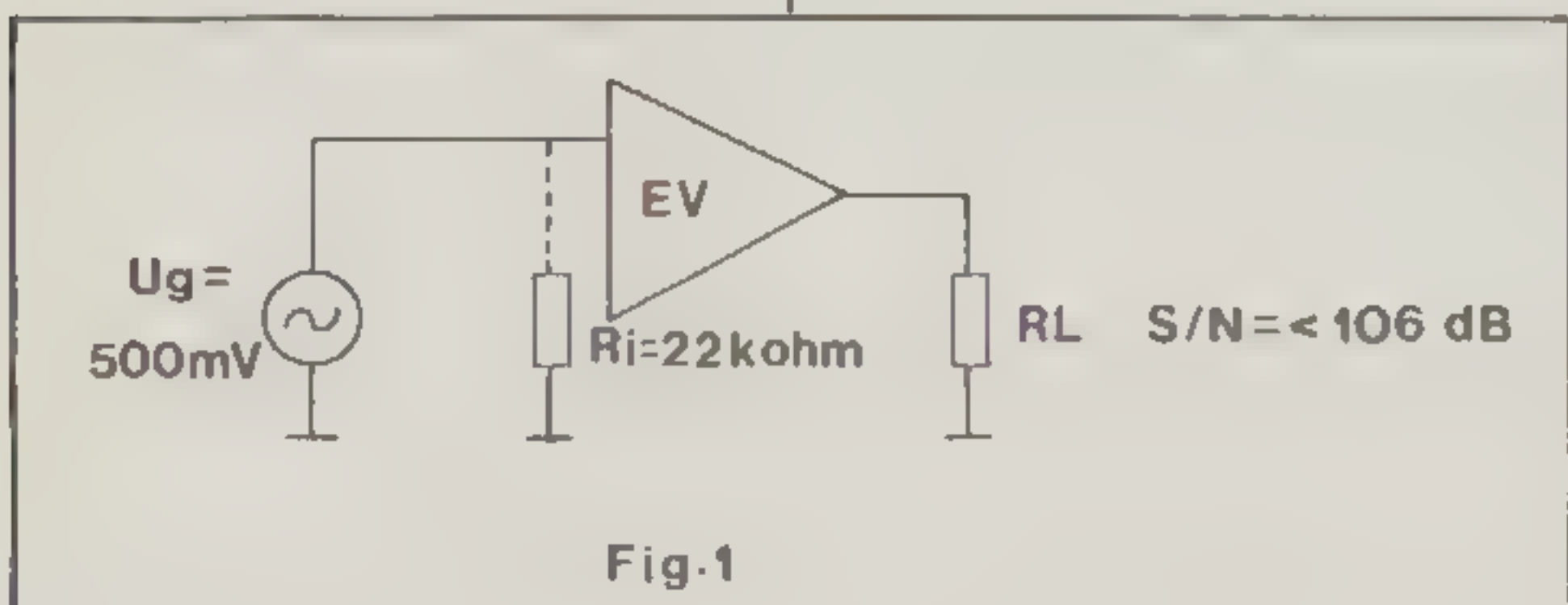


Fig.1

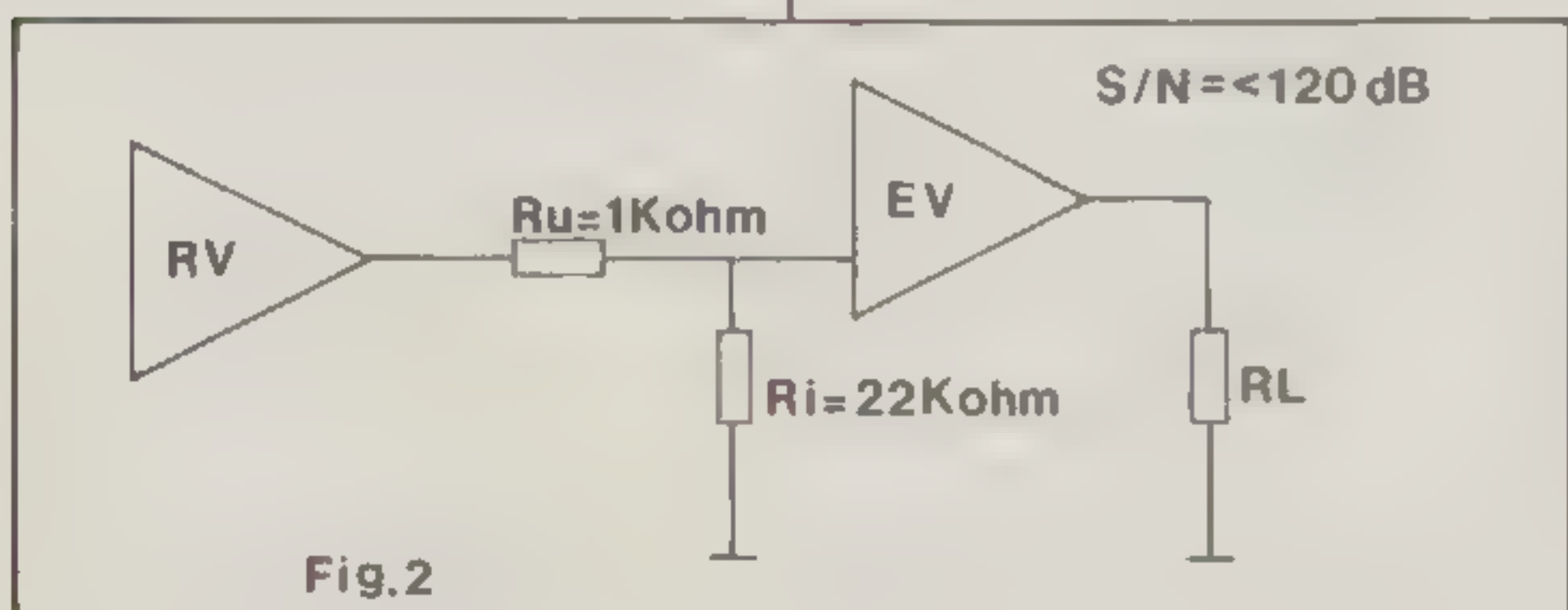


Fig.2

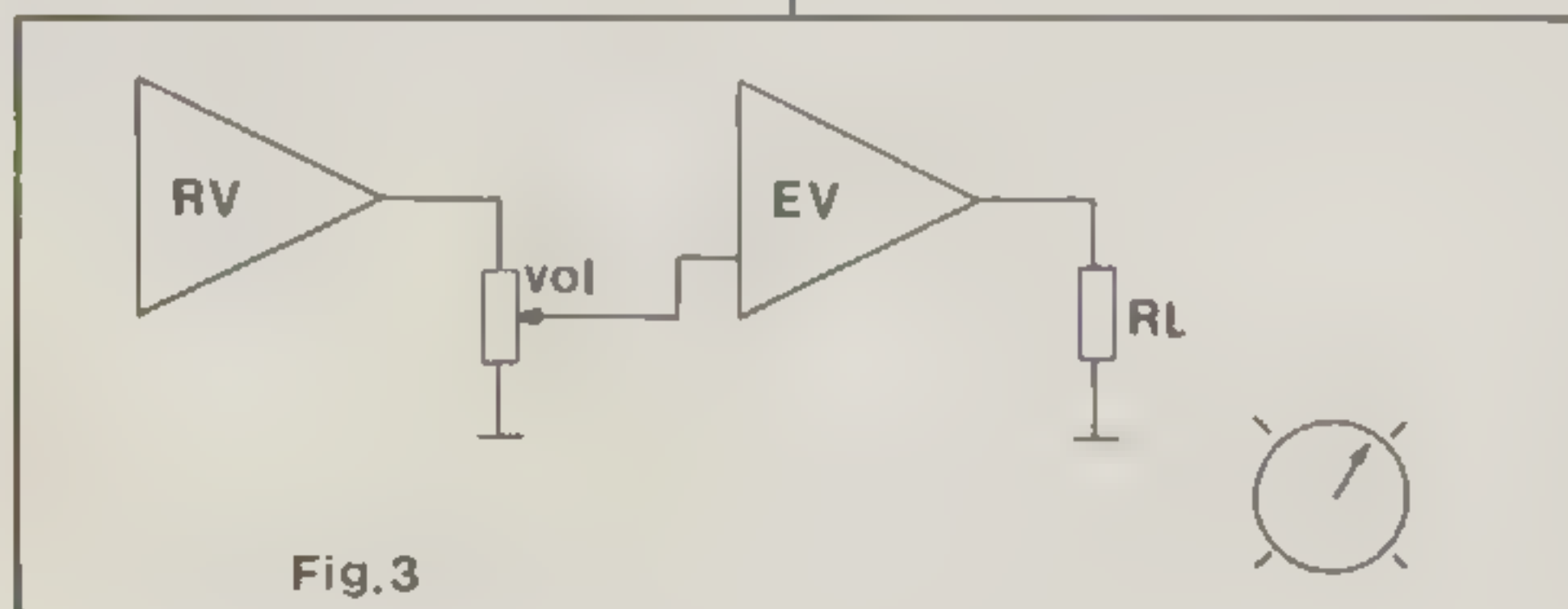


Fig.3

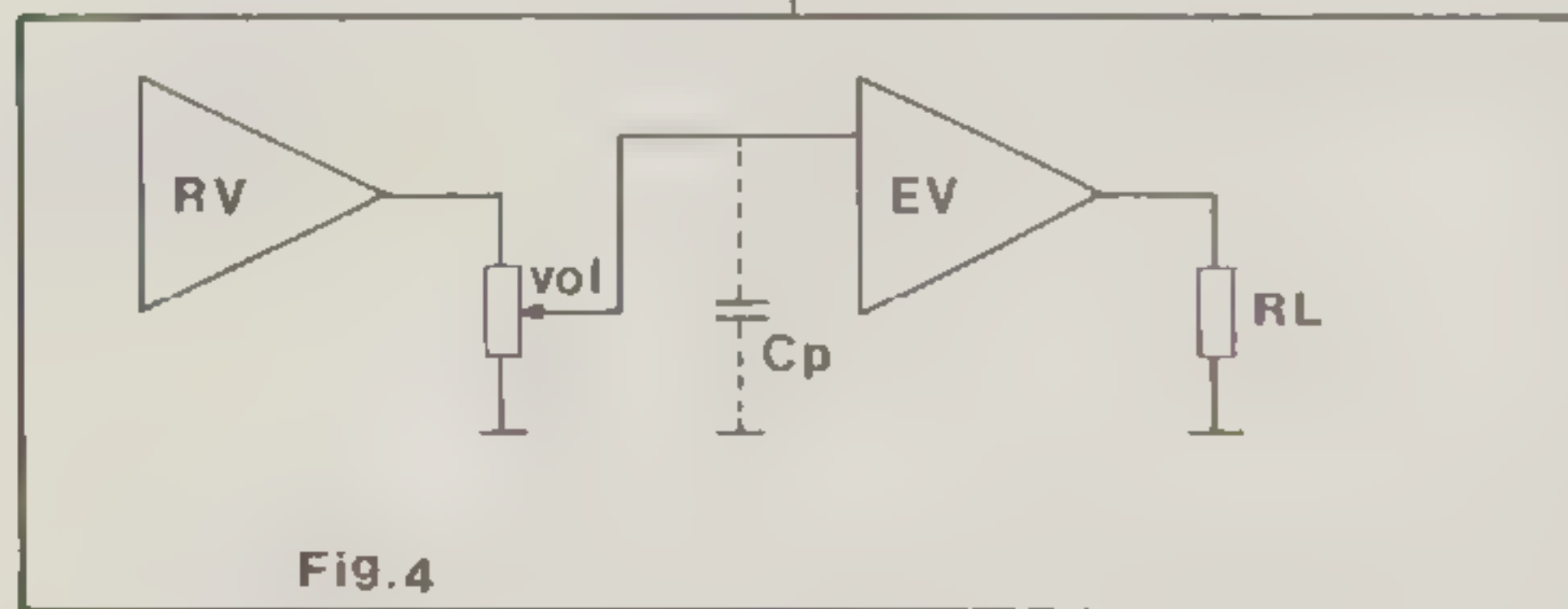


Fig.4

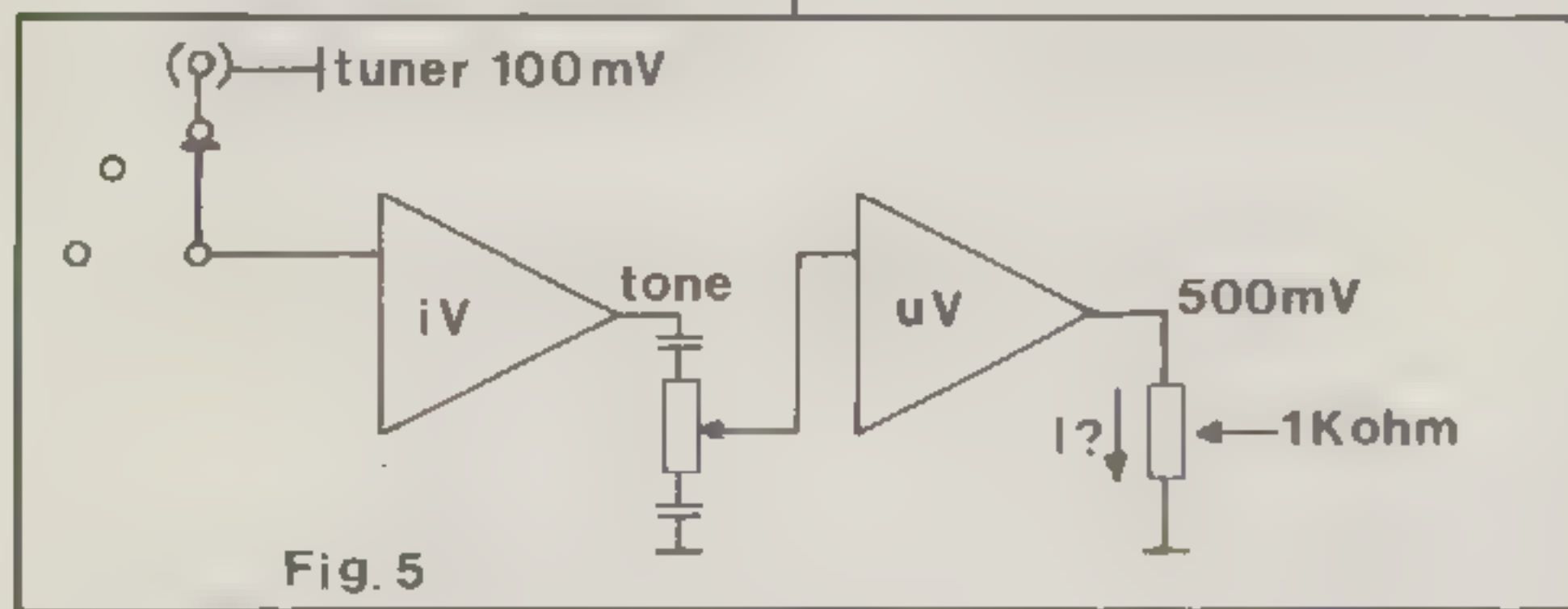


Fig.5

ANALOOG VERSUS DIGITAAL

ofwel MUZIEK IN HAPKLARE BROKKEN

Gedachten bij de digitale registratie van geluid

"Hapklare brokken" van omstreeks 0,5 μ Sec. daar gaat dit stukje over. Digitale verwerking houdt in dat we werken met bits, met aan of uit, ja of nee. We kennen dan geen aarzelingen meer over de exacte amplitude of de fase van een signaal.

Bij digitale informatie ligt alles vast, muurvast. Afwijkingen zijn niet toegestaan, en mochten er belangrijke afwijkingen zijn, dan zorgt de processor wel voor de invulling met het waarschijnlijk gemiddelde.

Het "klinkt" ongelooflijk, maar we hebben het over geluid. We hadden het nog niet over de mensen die er naar moeten luisteren. Zouden die er ook iets mee te maken hebben?

Scepsis

Sommige mensen begroeten iedere technische vernieuwing met kritiekloos enthousiasme. Anderen benaderen vernieuwingen juist weer met wantrouwen. Vooruitgangsgeloof versus cultuurpessimisme zou je kunnen zeggen. Als we proberen nuchter te blijven, dan is er toch wel enige reden voor scepsis.

Weet U nog dat de transistor-versterkers de ouderwetse buizenbakken heel snel van de markt verdreven? Toch duurde het ruim 10 jaar voordat de meerderheid van die transistor-versterkers een redelijke kwaliteit hadden. De Quad 33-303 combinatie was niet één van de allereersten, maar wel lange tijd één van de beste transistor-versterkers.

Echt goede ontwerpen zijn nog steeds dun gezaaid, maar dat geldt in principe ook voor de buizenschakelingen.

Toen kwamen de geïntegreerde schakelingen! Verschrikkelijke hoge versterkingsfactoren (open loop) betekenden dat we ook veel konden tegenkoppelen en *weg was de vervorming!*

Het laatste fenomeen was de BIFET-OPAMP en die vinding betekende hoge ingangsimpedanties, wat wil je nog meer?

Heel goede, ook wel esotherisch genoemde, ontwerpen doen het toch maar weer met discrete componenten, transistoren, weerstanden condensatoren en soms zelfs met buizen.

We staan nog even stil bij de vernieuwing in de ruimtelijke geluids-ervaring, de quadrofonie uit het begin van de jaren 70.

Misschien is dat wel het beste voorbeeld, want dat werd echt de grootste flop die we kennen. Die quadrofonie was niet echt zinloos, alleen slecht uitgewerkt. En per slot van rekening heeft die techniek geleid tot pick up elementen die veel verder doorliepen dan de standaard van 20 kHz. In veel gevallen resulteerde het in rechte frequentie-karakteristieken tot boven 45 kHz!

We moeten ons ook realiseren dat audio veel te maken heeft met commercie en weinig met liefdadigheid. Als er geproduceerd wordt, moet er verdiend worden. Verder moet ook de concurrentie het hoofd geboden worden met vernieuwingen. Je kunt ook zeggen dat er geproduceerd wordt om te kunnen verdienen. Dit alles stemt tot voorzichtigheid omdat commercie en kwaliteit niet automatisch in elkaars verlengde liggen.

Voor- en nadelen van digitale audioregistratie

In de Nederlandse vakpers zijn recente artikelen te vinden die een globaal inzicht geven van de technische perikelen bij de digitale registratie van geluid.

We gaan niet alles herhalen en verwijzen daarom naar een artikel van Jan de Kruyff in HI FI VIDEO TEST nr. 7/8 van dit jaar. Lezenswaardig is ook de discussie tussen Van Maanen en Philips technici in RE 81/17. Om je goed in het onderwerp te verdiepen, is het nuttig om ook de artikelen van Angus Mc Kenzie, John Atkinson, Jerry Forest in HI FI NEWS & RECORD REVIEW te lezen: 79-7, 79-8, 80-5, 80-6 en 81-12. Uit de HFN-artikelen vielen ons een paar dingen op die niet alom bekend zijn.

Zo lijkt het er op dat een 14-bit systeem goed kan voldoen indien alle bits gebruikt worden. Met 12 bits is er in ieder geval voor iedereen hoorbaar iets mis! Daar bij geluidsopnamen het maximale niveau niet tevoren voorspeld kan worden, dient er om alle finesses te registreren bij de opname een 16-bit systeem toegepast te worden. Dat geldt dan zowel voor studio-opnamen als voor opnames bij U thuis.

Het is mogelijk om met nauwelijks hoorbare schade aan het signaal een 16-bit opname te "vertalen" in een 14-bit master. Van die master worden dan de gedigitaliseerde (analoge) platen geperst.

Een analoge opname, zelfs op de beste studiorecorder heeft problemen aan de onderzowel als aan de bovenzijde van het te registreren frequentiegebied. Die problemen ontstaan door de compromissen die men moet sluiten bij het vervaardigen van de opnamekoppen en ook door de eigenschappen van het bandmateriaal.

Van 20 tot 20.000 Hz is een breed spectrum en de breedte van de spleet in opname- en weergavekop verwerkt alleen een aanzienlijk smaller frequentiespectrum zonder wezenlijke problemen. Met enig kunst- en vliegwerk worden ook de extremen van de audio-band gehaald, maar dat verstoort de fasesamenhang van het audiosignaal, vooral bij grotere uitsturing. Het effect is het duidelijkst bij plotselinge signaalpieken (transiënts). De energie kan als het ware niet ineens worden geregistreerd, maar wordt een beetje in de tijd verspreid.

Bij een digitale opname

gebeurt dat niet en daarom is de dynamiek van een aanslag of klap bij digitale registratie veel groter. Dat betekent ook dat het geluid natuurlijker klinkt.

Voor de eindversterker en de luidsprekers betekent dit overigens dat zij nu veel grotere pieken moeten kunnen verwerken bij dezelfde gemiddelde geluidssterkte. Digitale registratie betekent ook dat er aan de lage kant van het spectrum geen moeilijkheden optreden. Bij 20 Hz gaat alles nog steeds perfect en ook 10 Hz is geen enkel probleem, terwijl een analoge recorder daar zeer grote problemen heeft.

20 kHz:

EINDE GELUID?

Het mag bekend worden verondersteld dat je een analog signaal moet bemonsteren om het te kunnen digitaliseren. Dat komt neer op het regelmatig nemen van een steekproef van de amplitude van een signaal.

De bemonsteringsfrequentie, dat wil zeggen hoe vaak je dat doet (per tijdseenheid), stelt theoretische en praktische grenzen aan de maximale frequentie van het analoge signaal, dat

je wilt digitaliseren. De nu gestandariseerde bemonsteringsfrequentie voor huishoudelijk gebruik (compact disc en videorecorder-systemen) ligt op 44,1 kHz. In theorie betekent dat dat de hoogste frequentie die je kunt digitaliseren op de helft van dat bedrag ligt, dus bij 22 kHz.

Hogere frequenties worden echter ook verwerkt, maar gespiegeld teruggeworpen in het doorlaatgebied. Dus 24 kHz wordt 20 kHz, 32 kHz wordt 12 kHz etc..

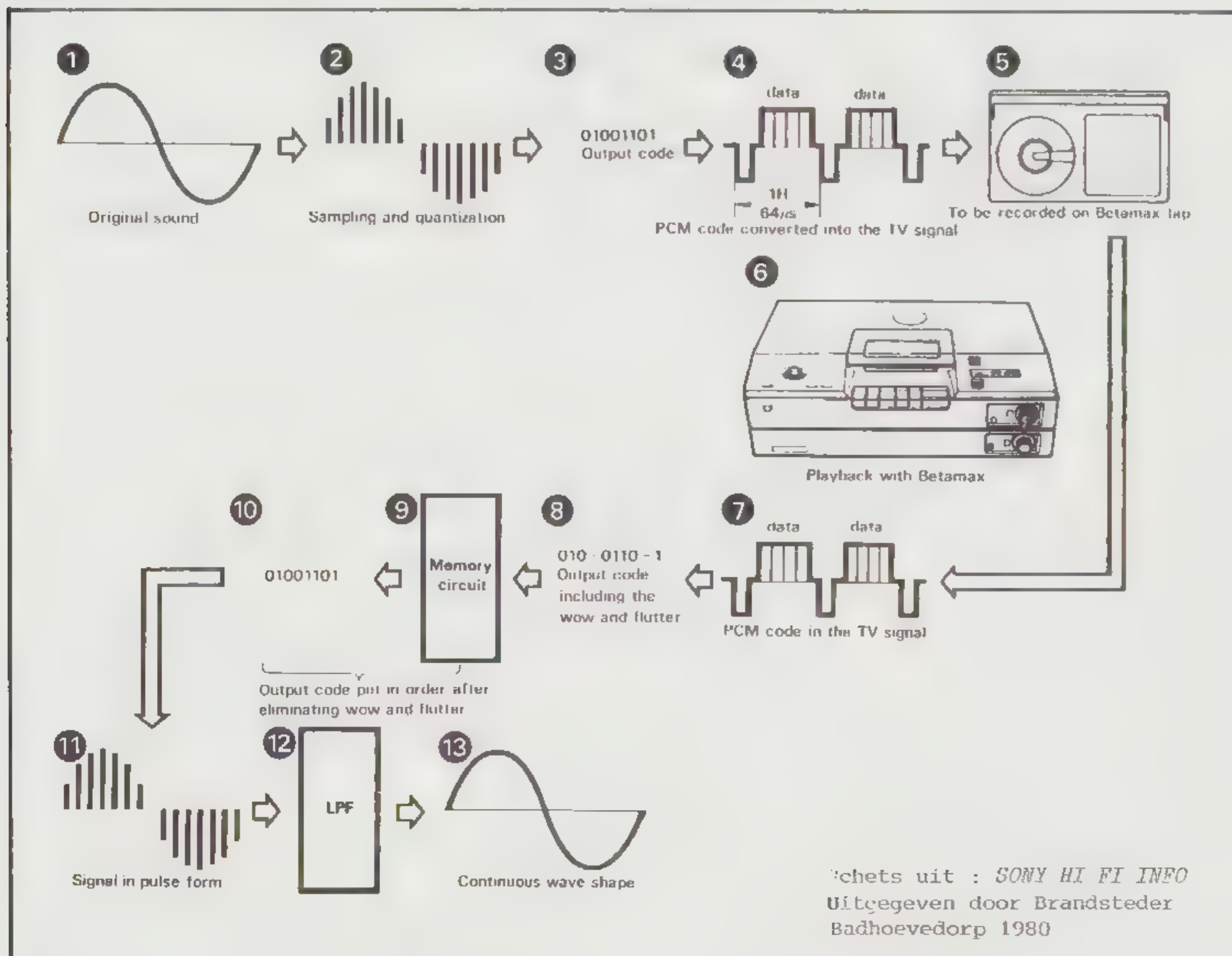
Dit spiegelen noemt men het ALIAS-effect. Het is duidelijk dat zo iets zeer ongewenst is.

Om dat effect te onderdrukken moet je zeer steile filters toepassen, die het doorlaatgebied begrenzen.

We kunnen u verzekeren dat er heel steile filters gemaakt worden. Angus McKenzie heeft ze gemeten :

tussen 13 en 20 kHz schommelt het een beetje met 0,1 dB (heel netjes dus), bij 20 kHz begint de afval met -0,78 dB en op 22 kHz wordt dat -118 dB.

Dat is toch bij de wilde spinnen af! Zoals sommige lezers misschien weten, is zelfs het maken van een effectief rumble-filter zonder invloed op het wél hoorbaar laag al



Schets uit : SONY HI FI INFO
Uitgegeven door Brandsteder
Badhoevedorp 1980

**AUDIO
& TECHNIEK**

niet zo heel simpel. Zo'n beestachtig ingrijpen, waarbij de rand van het audiogebied in een afgrond veranderd wordt, geeft een klassieke audiofiel de kriebels.

We zullen die kriebels nog een keer op een rijtje zetten.

Ten eerste, als het dan al zo moet, dan is het onvoorstelbaar dat zo'n steil filter geen fase-narigheid in het door te laten audio-gebied zou veroorzaken. Ook het mooiste 13e-orde elliptische filter kan dat niet.

Desondanks moet gezegd worden, dat het bij metingen nogal lijkt mee te vallen. Blokgolfsignalen vertonen weinig overshoot of uitslingering en dat duidt op een "prettig" faseverloop van een filter. Ondanks de zeer knappe technische prestatie blijft er ongerustheid over de hoorbare effecten.

Overigens valt het te bezien of je alles boven 20 kHz wel in de afgrond mag storten (even afgezien van de milieu-aspecten dan!).

We geven toe, dat het vast staat dat er geen mensen zijn die boven die frequentie nog iets "horen".

De onderzoeken naar het effect van hoog-aflfilters boven de gehoor-grens geven echter tegenstrijdige uitkomsten. Er zijn voorbeelden van een oude man die boven 6,5 kHz stokdoof was, maar trefzeker kon zeggen of er een filter op 15 kHz was ingeschakeld of niet!

Een Japanse onderzoeker echter meent aan te kunnen tonen dat een steil filter van 16 kHz onhoorbaar is.

Hierbij willen we wel de kanttekening maken dat in Japan de digitale audio een audiofiel én commercieel succes is. Wiens brood men eet....?

In de hogere sferen van de analoge audio "kenners" is in de afgelopen tien jaar een groeiende tendens om de audioband (in de electronica) door te laten lopen tot 40 à 50 kHz (-3 dB) en het daarna vriendelijk af te laten vallen met 6 dB/octaaf. Niet nog hoger in frequentie dus, maar zeker ook niet lager. Anders uitgedrukt :

grotere stijgsnelheden dan 8 uSec. zijn niet nodig (en zelfs ongewenst) maar tot die grens moet de versterker dan wel perfect werken.

Dat laatste houdt dan weer in, dat de interne stijgsnelheden van de electronische schakeling hoger moet zijn.

Je kunt je afvragen wat het oor daar nou mee doet. Er bestaan aanwijzingen dat het gehoor gevoelig is voor de "omhullende" van een signaal. Dat zou kunnen betekenen, dat, hoewel frequenties boven 20 kHz niet als zodanig "gehoord" worden, wél de vorm van hun omhullende een rol speelt. Van Maanen vergelijkt dat met AM-detectie.

De werking van het oor boven 8 kHz is toch al mysterieus. Het mechanische model van de medisch-fysische wetenschap klopt dan niet meer. Er is trouwens toch nog niet zoveel over "het horen" bekend. De systematiek van de oor-vs. hersenfuncties is een nogal braakliggend onderzoeksterrein. Het meest spectaculaire lijkt ons de bevinding, dat er een mogelijkheid is om MHz signalen waar te nemen mits er tegelijkertijd laagfrequente audio-signalen worden aangeboden (HPN-RR 81/12).

We menen dat het goed is om zeer voorzichtig te zijn met de beschrijving van audio-signalen in termen van bandbreedte. We houden natuurlijk geen pleidooi voor audio-apparatuur, die je tegelijkertijd als 27 MHz "hakkie" kunt gebruiken met gewoon je luidsprekers als antenne. (Hoewel we misschien in het aprilnummer daar op terug komen. Mocht U toch wat willen uitproberen, houdt dan rekening met de PTT-MARC-eisen van max. 2 Watt op 27 MHz.)

SHANNON Theorema

Er wringt iets in de manier waarop men met de signaalbemonstering omgaat. Shannon stelt in een theorema : "als een signaal geen frequenties bevat hoger

dan B Hz, dan is dat signaal in amplitude en fase volledig bepaald door bemonsteringswaarden, die hooguit

$\frac{1}{2B}$ seconde van elkaar mogen liggen."

Ofwel signalen tot 20 kHz kun je totaal beschrijven indien je bemonstert met 40 kHz. Dit heeft betrekking op het tijddomein, maar je kunt ook in het frequentiedomein een vergelijkbare bewering hard maken. Het wiskundig verband tussen beide domeinen geeft Fourier :

$$f(t) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) \cdot e^{j\omega t} d\omega$$

en
$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \cdot e^{-j\omega t} dt$$

t staat voor tijd, ω voor hoekfrequentie.

Als je nu in frequentie gaat begrenzen tot een band B, dan mag je de ∞ -tekens (= oneindig) in de eerste integraal door B vervangen. De tijd blijft dan echter noodgedwongen oneindig. Anders gezegd : als een signaal in frequentie beperkt is dan moet dat signaal oneindig duren; en omgekeerd als een signaal niet oneindig lang voortduurt (d.w.z. niet hetzelfde blijft), dan is het frequentiespectrum onbegrensd.

Indien je dus met een bijl van een filter de audioband terugdringt tot 20 kHz om die met 40 kHz te kunnen bemonsteren, dan eis je tevens dat signaalcomponenten tussen 15 en 20 kHz nooit veranderen, terwijl signalen tussen 10 en 15 kHz slechts langzaam wijzigen etc.. Een in amplitude (of fase) veranderend signaal van een bepaalde (grond-)frequentie heeft immers een *breder* spectrum dan alleen die grondfrequentie. Behalve lagere zitten er ook hogere frequentiecomponenten in.

Voor een deel komt dit verhaal er gewoon op neer dat de gestelde 20 kHz bandbreedte te weinig is.

Met de bovenstaande redenering trachten we in elk geval duidelijk te maken, dat we niet de illusie moeten hebben dat alle signaalcomponenten met een (grond-)frequentie van 20 kHz of minder

onbeschadigd uit de huidige systemen voor digitale audio-verwerking tevoorschijn komen. (In RE 81/17* vindt u wat 18 kHz voorbeelden.) Dat de opkomst en ondergang van signaalcomponenten dicht onder 20 kHz (bij een aanslag bijv.) door een 44 kHz bemonstering goed kunnen worden beschreven, lijkt zo gezien onmogelijk. De vraag is dus: Duurt een aanslag in de muziek lang genoeg om in dit verband te mogen zeggen: oneindig?

Technische mogelijkheden

Het is trouwens niet zo dat men eerst de eisen had geformuleerd waaraan digitale registratie moet voldoen, om vervolgens de noodzakelijke technologie te ontwikkelen. Het was waarschijnlijk het dictaat van de technische mogelijkheden dat heeft geleid tot de bemonsteringsfrequentie van 44 kHz en een resolutie van 14 à 16 bits. Het komt dan ook leuk uit dat deze bedragen corresponderen met conversie tijden van ca. 700 nSec. (de tijd die micro-electronica nodig heeft voor het uitvoeren

van een instructie!), en met de bandbreedte van consumer-video-apparatuur (2 à 3 MHz). Met de laatstgenoemde systemen zal de ontwikkeling niet zo snel gaan vermoeden we. In de micro-electronica heeft men echter in de militaire research sfeer (helaas, maar het gaat om de mogelijkheden) een flinke sprong voorwaarts gemaakt:

70 nSec. instructietijd i.p.v. 700!

Dit nu kan betekenen dat binnen enkele jaren voor consumer-prijzen aanzienlijk snellere electronica te verwachten is dan het huidige aanbod. Indien Philips c.s. het commerciële geduld hadden kunnen opbrengen dan was een bemonsteringsfrequentie van 100 kHz absoluut geen probleem geweest.

Waarschijnlijk had er dan ook nog wel een beetje bijgekund.

In dat geval hadden we een vrijwel niet te bekritisieren digitaal registratiesysteem gehad.

Nu zitten we, via praktisch alle grotere fabrikanten, vast aan die 44 kHz en dat wordt over een paar jaar echt niet overboord gegooid

Vraag aan de lezer: Kent u misschien een aardig theorema over het verband tussen tragiek en commercie?

LOW BUDGET

In volgende uitgaven van AUDIO & TECHNIEK zullen we apparatuur beoordelen die voor een zo laag mogelijke prijs nog een redelijke geluidskwaliteit waarborgt. Het zal iedereen duidelijk zijn, na lezing van dit nummer, dat onze eisen aan apparatuur wat anders geformuleerd zijn dan bij anderen. Dat kan leiden tot een combinatie van apparaten die *niet* van één en dezelfde fabrikant komen. We trachten tot een combinatie te komen die de beste waarborg biedt tot een goede geluidswaergave met daarbij de mogelijkheid om op een later tijdstip zonder al te veel wijzigingen die combinatie te verbeteren. De in onze metingen en luisterproeven als het

REFERENTIE-SET

beste apparaat aangemerkte product wordt opgenomen in onze LOW-BUDGET-REFERENTIE-SET.

Deze door ons aanbevolen set wordt gewijzigd zodra we apparatuur tegen komen die beter voldoet bij een zelfde prijsniveau.

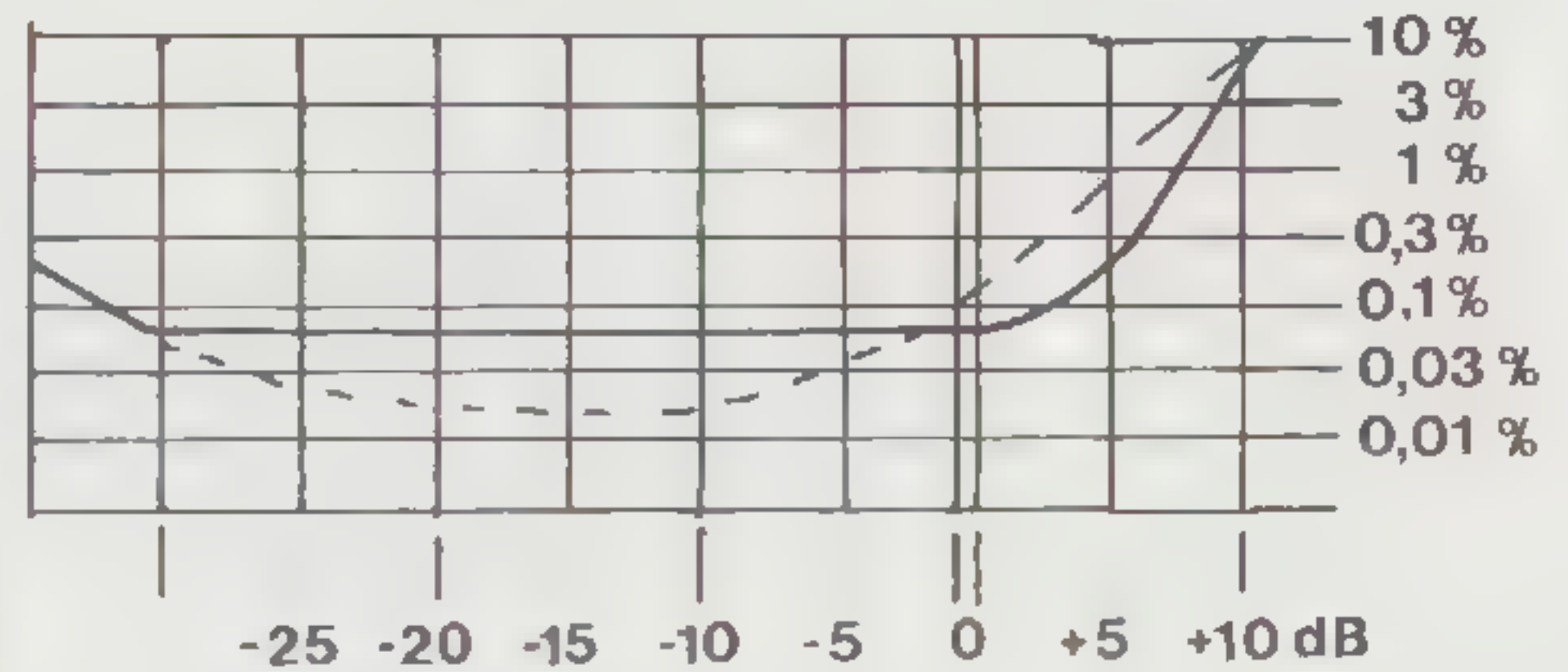
De referentie-set zal met ingang van januari 1983 door iedereen te beluisteren zijn in onze luisterkamer.

Daarnaast stellen we ook combinaties samen in hogere prijsklassen, die eveneens door ons in de luisterkamer gedemonstreerd worden.

Deze opzet biedt u de unieke mogelijkheid om zonder enige commerciële dwang op uw gemak de verschillende prijsklassen te vergelijken vóór u tot aanschaf over gaat.

Test: Cassettedecks

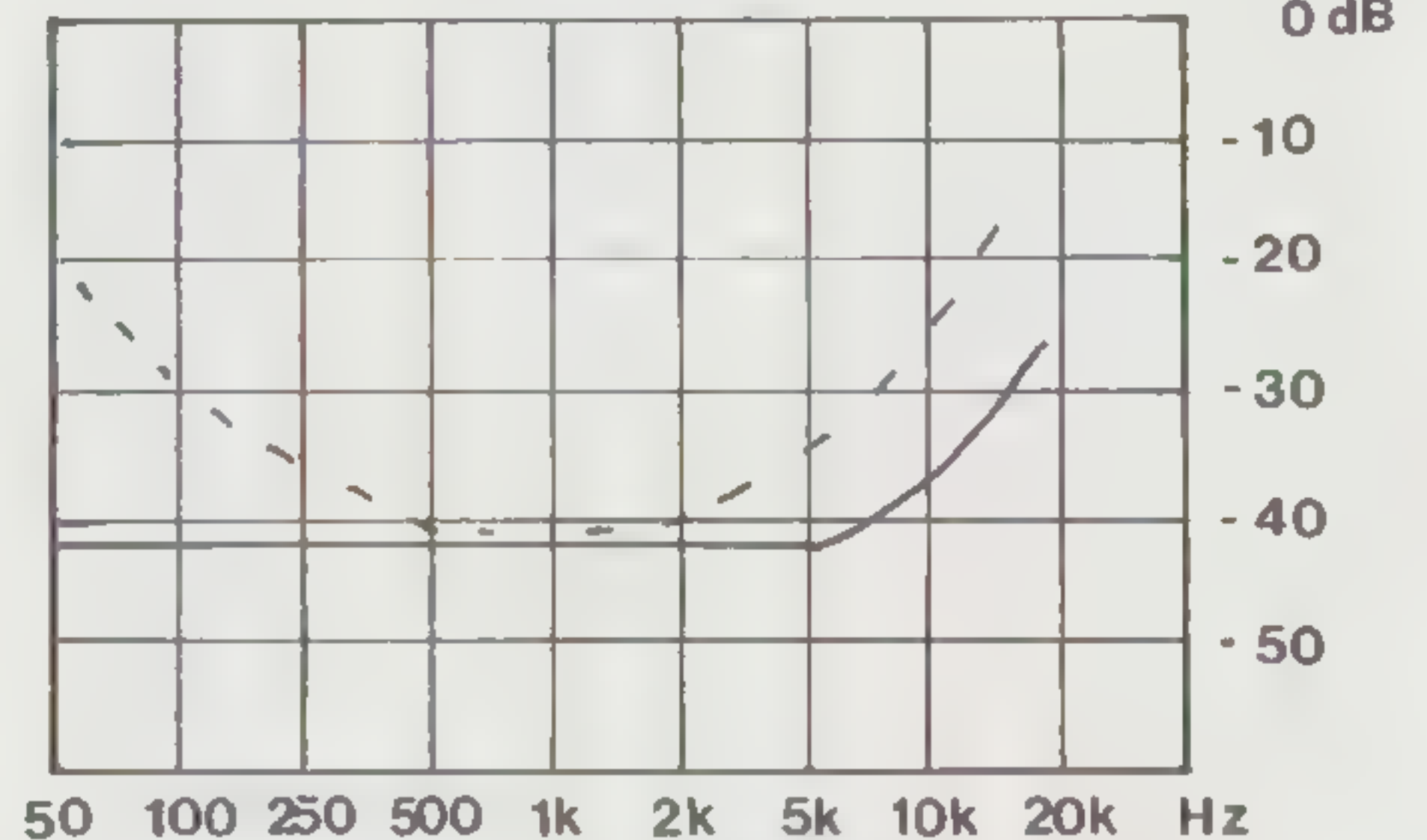
VERVORMINGSKARAKTERISTIEK



— ideaal voor goedkope cassettedecks (0 dB is het vervormingskantelpunt)

- - minder fraai, maar helaas meer gebruikelijk. Het vervormingsminimum kan op deze manier lager liggen dan wanneer een vlakke curve gemaakt is.

OVERSPRAAK



— ideale karakteristiek. De toename van de overspraak bij 10 kHz is praktisch onvermijdelijk.

- - veelal gemeten waarden. het oplopen bij lage frequenties duidt op een minder geslaagde voeding.

We hebben wat kritische opmerkingen gekregen naar aanleiding van onze meting van de frequentiekarakteristiek.

Wij hebben gemeten op een niveau van -10 dB, terwijl alle fabrikanten, ook die van de banden, meten bij -20 dB.

Wij menen dat het laatste niet realistisch is. De gebruiker zal er niet gemakkelijk toe te bewegen zijn om op een dergelijk laag niveau op te nemen. En bij de meeste recorders is -20 dB niet goed af te lezen.

Bij het PIONEER deck zijn de LED's voor -20 dB *altijd* aan.

De amplitude-inhoud van muziek is bij 1 kHz gelukkig veel groter dan bij 10 kHz. Dat betekent dat bij een maximaal

muziekniveau van 0 dB, de amplitude bij 10 kHz zeker 10 dB lager ligt.

RUIS: *vervolg van pag. 18*

Zelfs als je alle voorzorgen neemt, zoals: goede voeding, goede print-lay-out, rondom metaalfilmweerstand en geen elco's in de signaalweg, dan nog blijft de ruis hoorbaar. We passen liever discrete componenten toe. Bovendien heb je dan het hele koppelingsgebeuren zelf in de hand, zodat je nog wat enge dingen kunt vermijden, hetgeen overigens een ander verhaal is. Hoe je dat, het uitzoeken van geschikte actieve en passieve componenten? Daarover meer in een volgend nummer.

GELUID UIT DE PIJP door

Ons eerste bouwontwerp is een nieuw luidsprekersysteem. Dit ontwerp heeft een aantal in het oog springende verschillen t.o.v. de meeste andere ontwerpen. In de eerste plaats is het een betrekkelijk smalle konstruktie, die in tegenstelling tot veel grote kastontwerpen in de meeste huiskamers eenvoudig plaatsbaar is en dan nog leuk is om te zien. Dan valt op dat de hoogte van de luidsprekers vrij gunstig is, daar ze over stoelen en banken heenstralen. Het materiaal is eenvoudig te verwerken en levert nauwelijks een probleem voor de doe-het-zelver.

Theorie

We willen even stilstaan bij de klassieke opzet van een luidsprekersysteem zoals we dat gewend zijn.

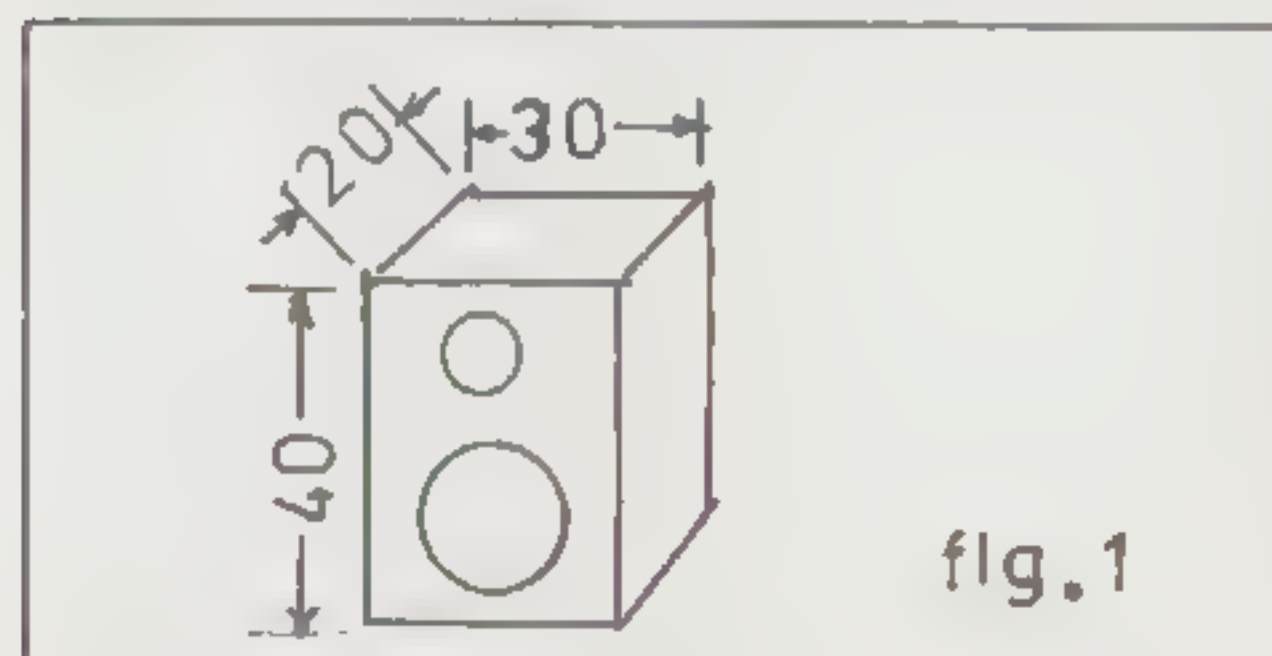
Wat opvalt aan gangbare behuizingen is dat ze rechthoekig zijn. Anders gezegd, zo'n behuizing bestaat uit gelijkzijdige, evenwijdig tegenover elkaar geplaatste, panelen.

Een dergelijke behuizing leidt tot een belangrijke *kleuring* van het weer te geven geluid.

Dat is eenvoudig te constateren. Indien U in een winkel vraagt een aantal van dergelijke speakers te mogen horen, dan hoort U enorme klankverschillen.

Vooral bij zogenaamde twee-weg-systemen valt dat op. Twee-weg-systemen zijn speakers waarbij per kast een zogenaamde bas/midden weergever (in het frans *hormer*) en een tweeter zijn geplaatst.

De verschillen die U hoort hebben o.m. te maken met de kastafmetingen.



De maat van ieder paneel kunnen we ook uitdrukken in een golflengte. Delen we de snelheid van het geluid (330 M/Sec) door die maat, dan krijgen we een frequentie (in Hz, dat is aantal trillingen per Sec.). Dus een paneel met een breedte van 33 cm. heeft een bijbehorende frequentie van 1.000 Hz ofwel 1 kHz (kilohertz).

Deze frequentie noemen we de voorkeurs- of resonantiefrequentie. Een rechthoekige kast van 30 x 40 x 20 cm. heeft resonanties (voorkeuren) op 1.100, 825 en 1650 Hz. Bovendien zal de kast aanspreken op de dubbele golflengte: 550, 412 en 825 Hz en, in mindere mate, op de halve golflengte.

Die resonanties kunnen op een aantal manieren gedempt worden. Bijvoorbeeld door schotten, latten, bitumen etc.

Een Franse ontwerper gaat zelfs zo ver, dat hij stalen hoekprofielen dwars over de panelen monteert.

Principieel echter blijft er altijd enige mate van resonantie bestaan.

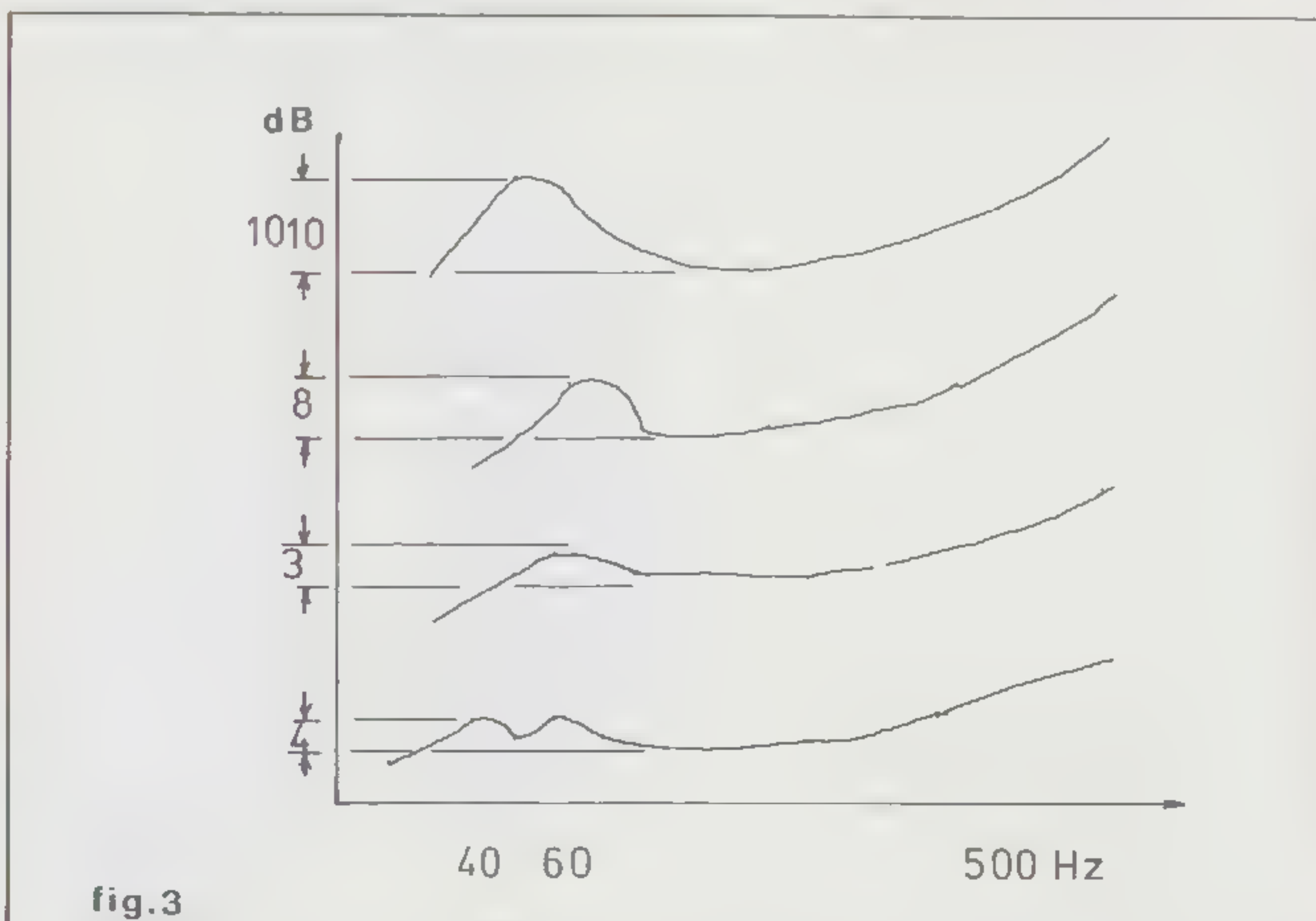
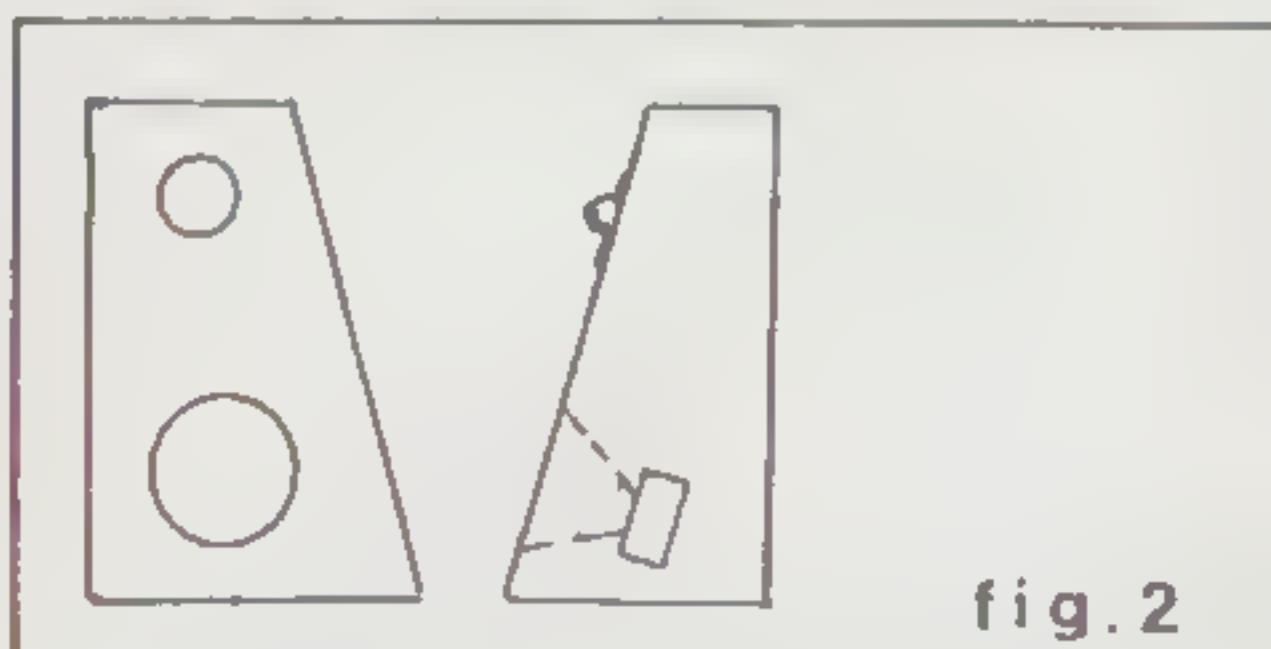
We zullen het probleem op twee manieren omzeilen.

Ten eerste, door de kastafmetingen zodanig te kiezen, dat de resonanties buiten het weergavegebied van de toegepaste basluidspreker liggen. Bij een twee-weg-systeem wordt de handbreedte van het doorlaatgebied van de basluidspreker beperkt tot 1.500 à 2.500 Hz. De maximale afmeting wordt dan resp. 22 à 14,2 cm. (inwendig in de kast). Bij een drie-weg-systeem ligt de gekozen kantelfrequentie bij omstreeks 500 Hz en de maximale maat wordt dan 66 cm.

Een tweede manier is de kast van een zóór stijf materiaal te vervaardigen zoals beton of baksteen. En Lenslotte kan men kiezen voor een konstruktie van de kast, zodanig, dat er geen staande golven kunnen ontstaan.

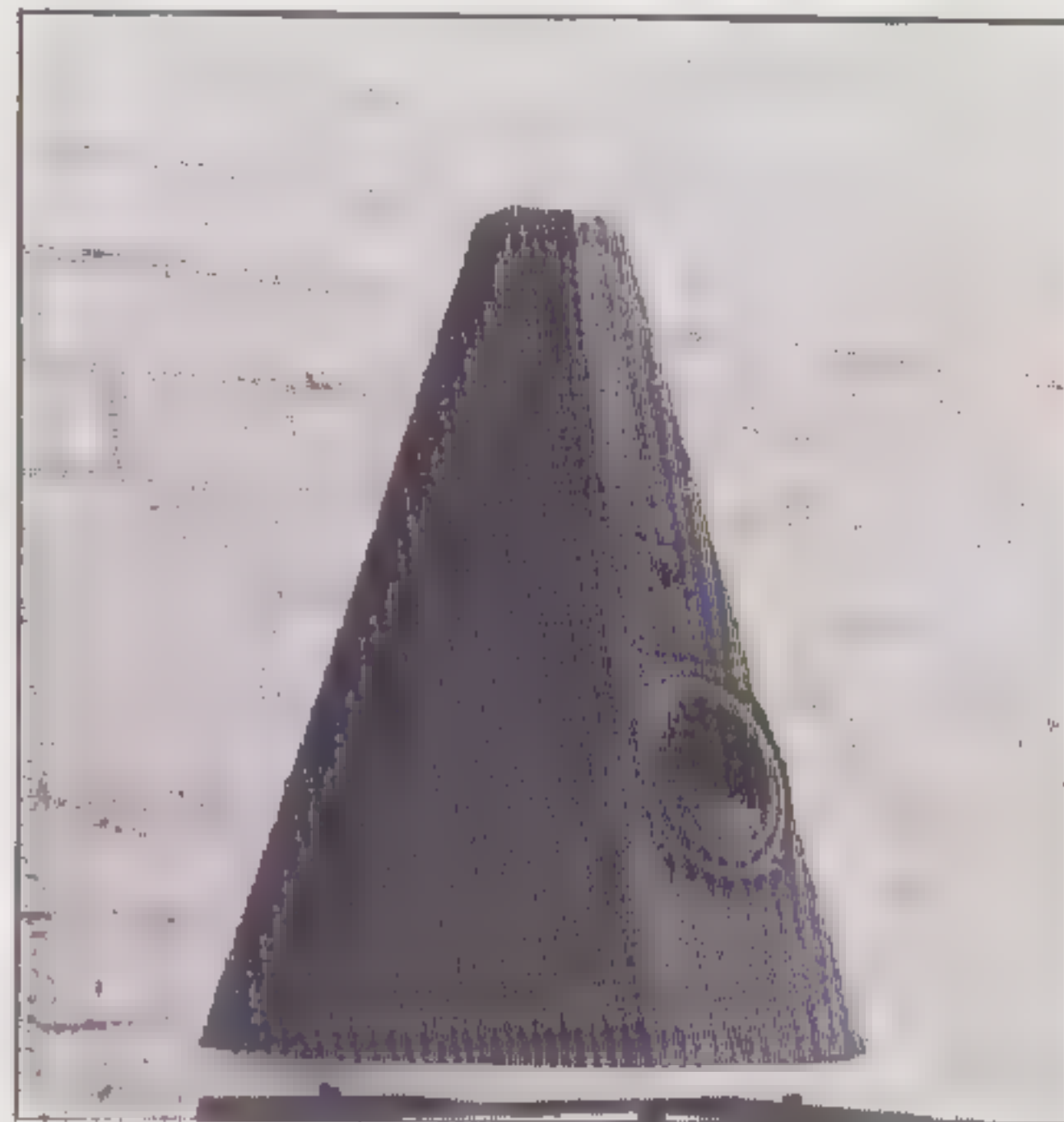
In de praktijk werkt een combinatie van de eerste en derde methode het best. De derde methode resulteert in kastkonstrukties met ongelijke panelen.

Het scheelt al veel als we bijvoorbeeld twee zijden schuin maken.



In dit geval kunnen we tegelijkertijd zorgen dat de spreekspoelen van de basluidspreker en de tweeter in één lijn liggen en zich op gelijke afstand van de luisteraar bevinden. In het geschetste geval zijn de opstaande panelen alle verlopend en hebben ze dus geen uitgesproken voorkeursfrequentie.

De bodem en de bovenplaat zijn echter nog wel gelijkzijdig en bovendien evenwijdig aan elkaar. Een volgende stap is een soort pyramide uit een oneven aantal zijpanelen.



Dit is een elegante oplossing en het resultaat is inderdaad een vrijwel ongekleurde geluidswaergave. Bovendien heeft dit model een gunstige spreiding, zodat het stereobeeld doorzichtiger wordt.

Een probleem is echter de moeilijke kastkonstruktie, waarbij de verstekken wel het grootste obstakel vormen. Een andere kwestie is de basweergave die in kleinere kasten toch wat magertjes blijft.

Basweergave

De basweergave is een minstens even moeilijke zaak, waarbij de kastkonstruktie ook een grote rol speelt.

We zien hier vier mogelijke grafieken van éénzelfde luidspreker. De bovenste stelt het weergavepatroon voor in vrije lucht (dus zonder kast). De tweede grafiek is dezelfde luidspreker in een gesloten kast (akoestische box) met weinig demping. De derde grafiek wordt bereikt met veel dempingsmateriaal. Ten slotte: de vierde grafiek stelt het gedrag voor van een kast met een afgestemde pijp of gat (basreflex). Uit het oogpunt van ongekleurde weergave is de derde grafiek het aantrekkelijkst. Er schuilt echter één probleem in, namelijk dat het systeem beneden 80 Hz sterk afvalt.

DALINE-principe

Een andere manier om tot een goede basweergave te komen, is de zgn. "DALINE". Daarbij wordt gebruik gemaakt van een golfpijp op een kwart van de golflengte van de basresonantie en dan enigszins naar beneden verschoven (+ 10 Hz). De hier bedoelde basresonantie is de resonantie in een gesloten kast.

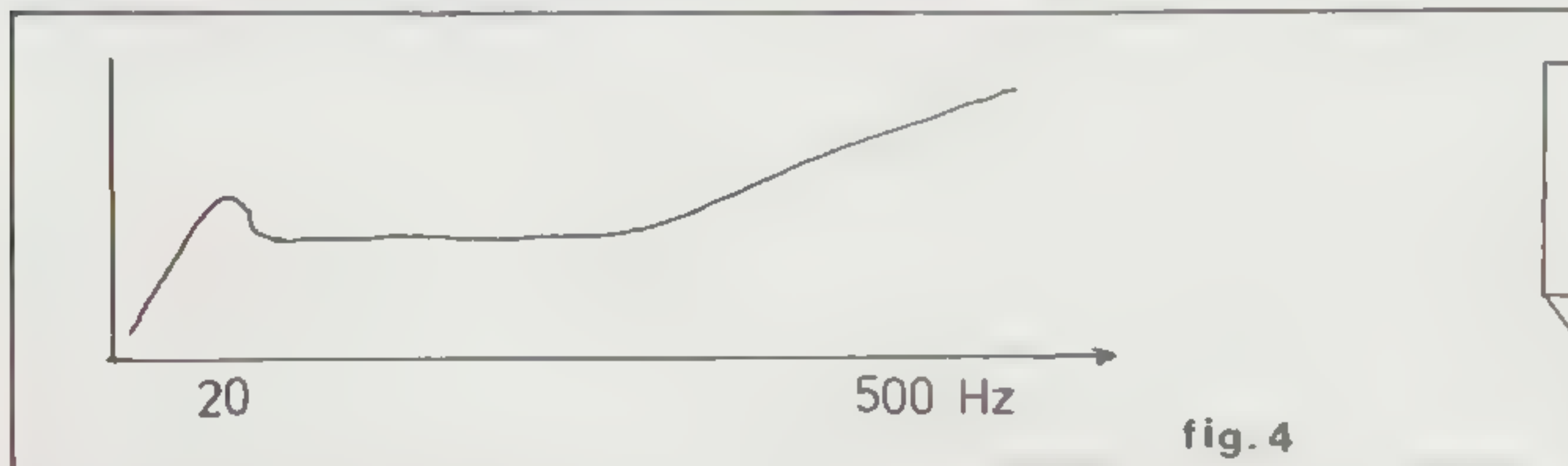


fig. 4

Het resultaat van de Daline is, dat de resonantie a.h.w. weggezogen wordt en dat daarvoor in de plaats het weergavegebied lager doorloopt.

Bij een systeem met een resonantie op 60 Hz kan dat betekenen, dat het weergavegebied recht (!) doorloopt tot onder 35 Hz. Wat we dan wel krijgen is een extra resonantie tussen 20 en 30 Hz. Dit Daline-principe is daarom NIET bruikbaar bij een DC-versterker, die zonder kantelpunten gelijkstroom gekoppeld is. (Denk aan arm-resonanties en akoestische terugkoppeling naar de pick up)

Een bijkomend voordeel van dit principe is dat het niet kritisch is t.a.v. de maatvoering. Een kleine afwijking in de maat is nauwelijks hoorbaar.

De GELUIDSPIJP

Na veel experimenten zijn we tot de huidige vorm gekomen. Een overweging daarbij was, dat we vinden dat een luidspreker er best leuk uit mag zien. De luidspreker wordt gemonteerd in een pijp met een iets grotere

diameter van de flens van de speaker. Nadat de inhoud en dus de lengte van die pijp bepaald is, gaan we verder met een dünnere pijp van tenminste 70% van het conusoppervlak. Aan het eind van die dünnere pijp keren we terug in de eerste, grotere pijp. We hebben dan een gevouwen pijpsysteem.

De konstruktie

Alvorens aan een konstruktie te beginnen, doen we er verstandig aan ons er eerst van te verzekeren, dat we de juiste luidsprekers in huis hebben.

Voor het bassysteem is dat de AUDAX type HD 13 B 25 H 2 C 12 en voor de tweeter AUDAX type HD 12 x 9 D 25. Voor de filters heeft U de volgende componenten nodig:

- 1 weerstand 4,7 ohm - 5 Watt
- 1 weerstand 5,6 ohm - 5 Watt
- 1 weerstand 10 ohm - 5 Watt
- 2 condensatoren 10 uF - 100 Volt
- 1 condensator 1 uF - 100 Volt
- 1 spoel 0,35 mH - 0,75 mm
- 1 printplaat AT-1.

De condensatoren moeten bipolair zijn. Neem liefst polvester typen (zie ook fig. 5)

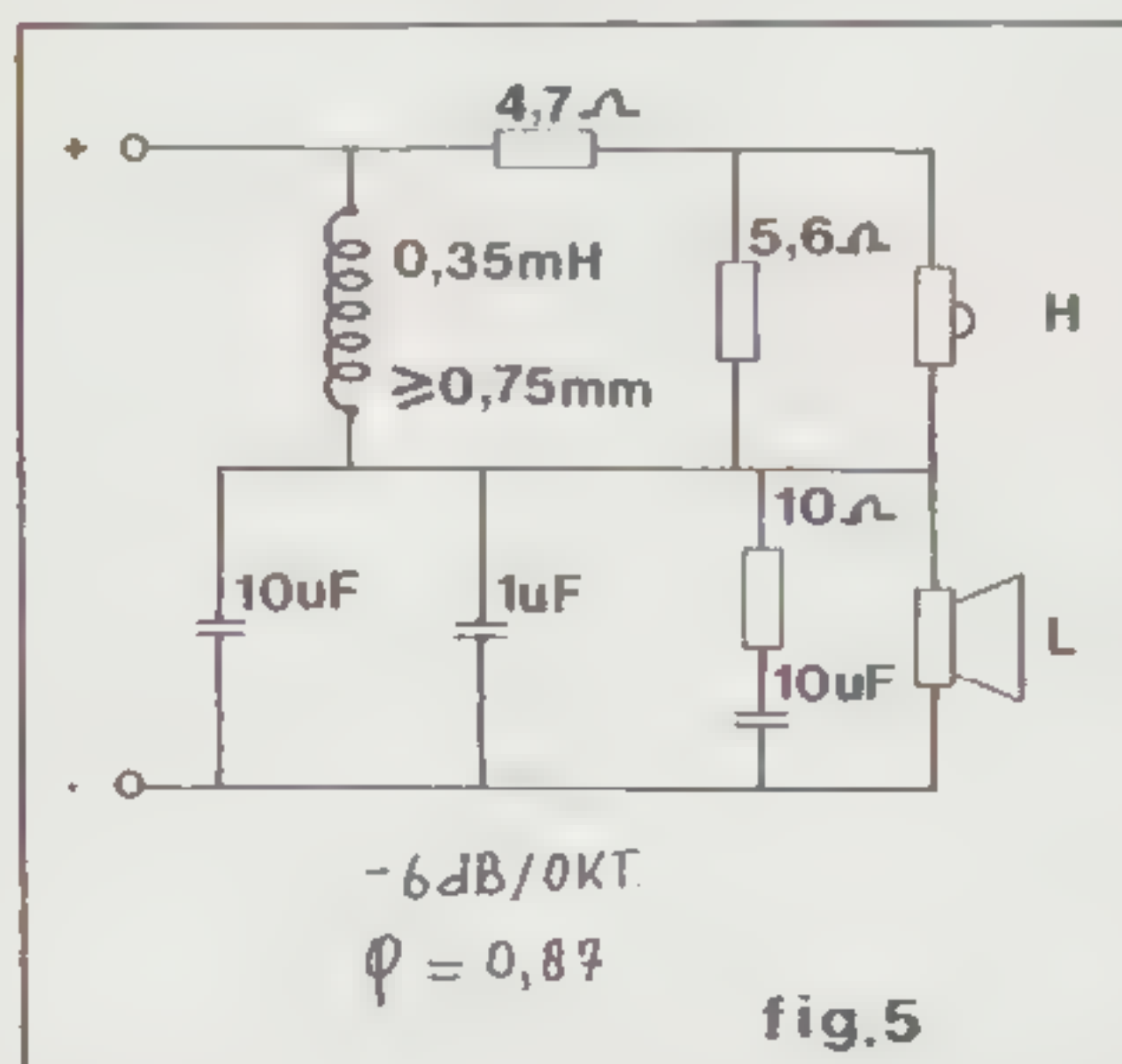


fig. 5

Voor de kastkonstruktie zijn de volgende materialen vereist:

- 1 PVC pijp ϕ 200 mm, lang 1,80 mtr wanddikte 4 à 5 mm.
- 1 PVC pijp ϕ 125 mm, lang 0,85 mtr wanddikte 3 à 4 mm.
- 1 plaat multiplex 60 x 85 x 2 cm
- 1 plaat triplex 25 x 50 x 0,3 cm
- 1 busje Hard PVC lijm
- 1 busje BISON montagekit
- 1 rode en een zwarte stekerbus
- 2 mtr dik tweelingsnoer.

Voor stereo heeft U alles tweemaal nodig.

We kijken nu eerst naar de konstruktietekeningen in fig. 6. U ziet daar een opengewerkte schets van het gehele systeem. In de rondjes zijn de positie-nummers aangegeven, die betrekking hebben op de detailtekeningen.

We beginnen met het verzagen van de binnenpijp volgens detail 2. Aan beide zijden wordt schuin afgezaagd. De hoek is niet kritisch.

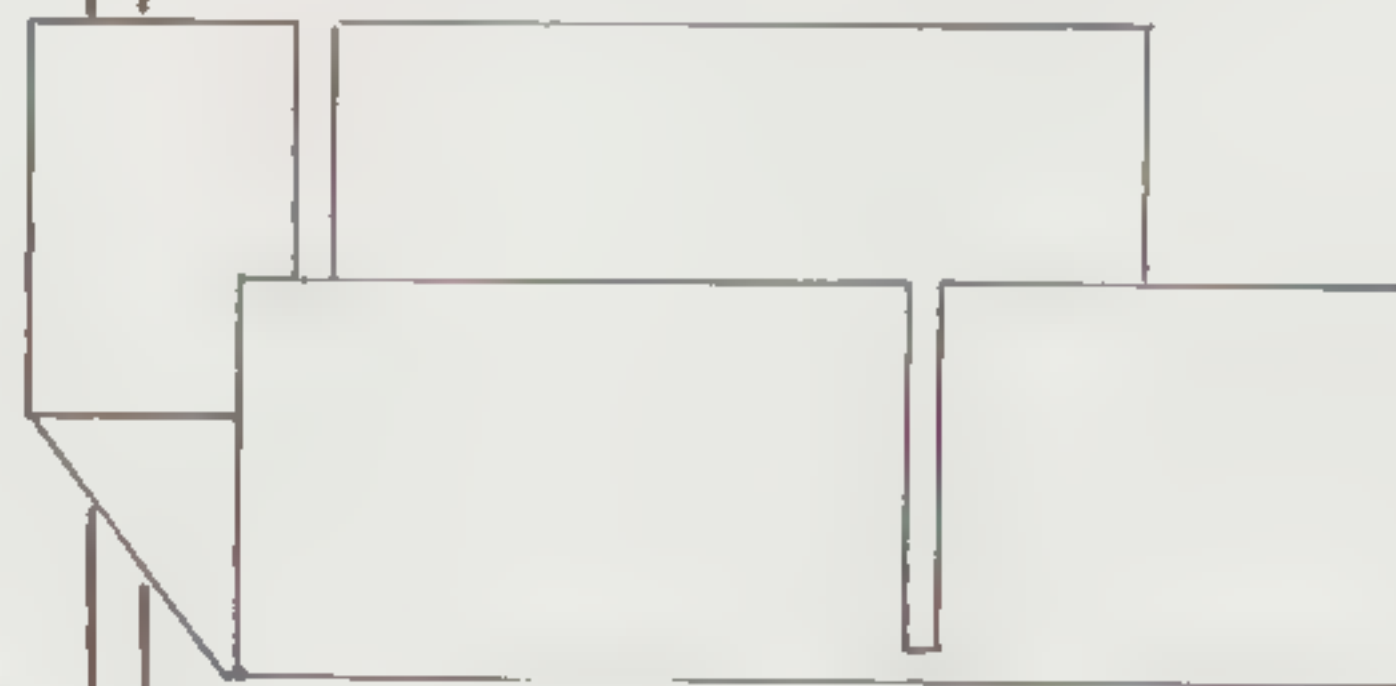
Het zagen kan zowel met een ijersaa als met een grof vertande houtzaag gebeuren.

Na het zagen worden de randen glad gevijld en eventueel geschuurd met grof schuurpapier.

Voor de buitenpijp is het gewenst een hulpkonstruktie te maken in de vorm van een provisorische verstekbak.

Uit een paar stukjes oud hout maakt U een bakje van een onderplank met de afmetingen 20 x 30 à 40 cm. Daarna worden er twee zijanten tegenaan geschroefd van elk 25 x 30 à 40 cm.

Op de boven- en zijanten tekent U de verstekgleuf af en zaagt die er zo recht mogelijk in.



Nadat dit goed gedroogd is, wordt de dunne pijp tot op 20 cm. onder de houten flens licht afgeschuurd met waterproof schuurpapier en geverfd met primer voor kunststof. Als dat droog is, wordt de onderzijde van de houten flens en de 20 cm. voorbehandelde pijp geverfd met een matzwarte lak.

U kunt nu verder gaan met het multiplex. Detail 5 is een schets van de bodemplaat, waar het gehele systeem op gaat rusten. Die bodemplaat bestaat uit twee ronde platen multiplex van resp. ϕ 300 en ϕ 190 mm. Beide platen kunt U aftekenen en met een decoupeerzaag afzagen. De kleinste plaat moet in de onderzijde van de grote pijp passen. U lijmt de twee platen op elkaar en klemt ze goed vast. Eventueel kunt U een paar korte spijkertjes gebruiken om een goede positionering te krijgen.

Nu nemen we de lange pijp van \varnothing 20 cm. en leggen die in de verstekbak. Teken tevoren de langste maat van 1400 mm. af én 1480 mm. Zaag nu eerst die laatste maat af en leg het korte stuk van \pm 30 cm. opzij.

LET OP DAT ER AAN UW PVC GEEN AFGESCHUINDE KANT ZIT!

Nu kunnen we het verstek zagen en we krijgen in één zaagsnee de twee pijpdelen volgens detail 1 en 3.

We gaan nu eerst detail 1 afmaken. Daar wordt eerst het derde gat in gemaakt, bestaande uit twee schuine zaagsneden van elk 45° . Teken dit tevoren goed af! Tenslotte worden de zes gleuven rondom aangebracht van 20×70 mm. Die gleuven worden weer eerst afgetekend. Daarna worden aan de boven- en onderzijde van de gleuven elk twee gaatjes geboord van omstreeks 10 mm. en vervolgens de sleuven gedecoupeerd. De bovenzijde van de gleuven zijn op 800 mm. vanaf de onderzijde. Aan de toekomstige achterkant worden nu op 35 mm. van onderaf twee gaatjes voor de stekerbussen geboord van \varnothing 6 mm.

Let op dat dit overeenkomt met de U geleverde stekerbuis.

We gaan vervolgens het pijpdeel naar detail 4 afmaken, zodanig dat het past op de lange pijp. We maken nu eerst van multiplex de schijf die boven de sleufgaten komt van \varnothing 190 mm. Meet wel eerst de binnenkant van uw pijp na, zodat U zeker weet dat die schijf er later in past.

In het midden van de schijf, naar detail 6, komt een gat van \varnothing 125 mm., waar de dunne pijp in past.

Als alles passend is, monteren we de dunne pijp zodanig dat de schuine omstreeks 5 mm. boven het multiplex begint. De schijf wordt haaks op de dunne pijp gelijmd met BISON-TIX.

Nu kunt U het dwarsstuk voor de tweeter volgens detail 4 op de staande pijp lijmen. Dat doet U het best met "HARD PVC VULLIJM". Het is gewenst om een tweede man er bij te halen omdat de PVC-lijm heel snel droogt.

De op elkaar passende onderdelen worden beide snel ingesmeerd en tegen elkaar gedrukt. U houdt dan misschien ergens een gaatje over door onregelmatigheden in het zaagwerk. Dat kunt U later van binnenuit opvullen met dezelfde lijm. Oneffenheden aan de buitenzijde kunnen eventueel geplamuurd worden met 2-componenten polyester plamuur.

Indien de zwarte verf op de binnenpijp droog is, dan kunt U die in de grote pijp verlijmen met BISON MONTAGEKIT. Omdat het bovenstuk nog niet gemonteerd is kunt U eventuele gaatjes aan de zijden van de houten flens nog afdichten. De onderzijde van de houten flens komt net boven de sleuven, let daar goed op! MONTAGEKIT heeft een snelle hechtijd, maar U kunt het geheel toch beter 24 uur met rust laten voor U verder gaat.

Het bovenstuk kan dan geplaatst worden en dat doet U weer het liefst met zijn tweën. Gaatjes vanaf de binnenzijde dichtmaken.

Nu moeten nog de houten flenzen vervaardigd worden, waar later de luidsprekers op gemonteerd worden. De detailtekeningen 7 en 8 zijn duidelijk. U moet een houten ring maken van \varnothing 190. Meet daartoe eerst de binnenmaat van uw pijp op! In de ring komt een gat van \varnothing 140 mm.

Daarna maakt U een tweede ring van \varnothing 200 eveneens met een gat.

Uit het triplex worden dan 2 plaatjes van \varnothing 210 mm gezaagd. U legt vervolgens de basluidspreker op een van die plaatjes en tekent de buitenkant van de luidspreker er op af.

Daarna wordt een overeenkomstig gat in het triplex gezaagd, dat zo goed mogelijk aansluit op de flens van de luidspreker. Het plaatje kan daarna op de houten flens voor de basluidspreker gelijmd worden. Die lijmverbinding moet zo goed mogelijk zijn. Controleer voor het verlijmen of de luidspreker goed in het gat past. Werk dat bij met een vijl indien nodig.

Het triplex plaatje voor de tweeter wordt op dezelfde wijze vervaardigd. U moet dan echter eerst een gat maken, waar de magneet doorkan. U kunt de tweeter NIET omgekeerd op het triplex leggen. Dat zou de "DOME" beschadigen. Tenslotte wordt het gat voor de tweeter afgetekend, met de magneet er door heen. Hoe beter het triplex aansluit op de flens, hoe mooier uw stereobeeld wordt. Besteed daar dus zorg aan. Ook dit wordt weer goed verlijmd op de grote houten flens.

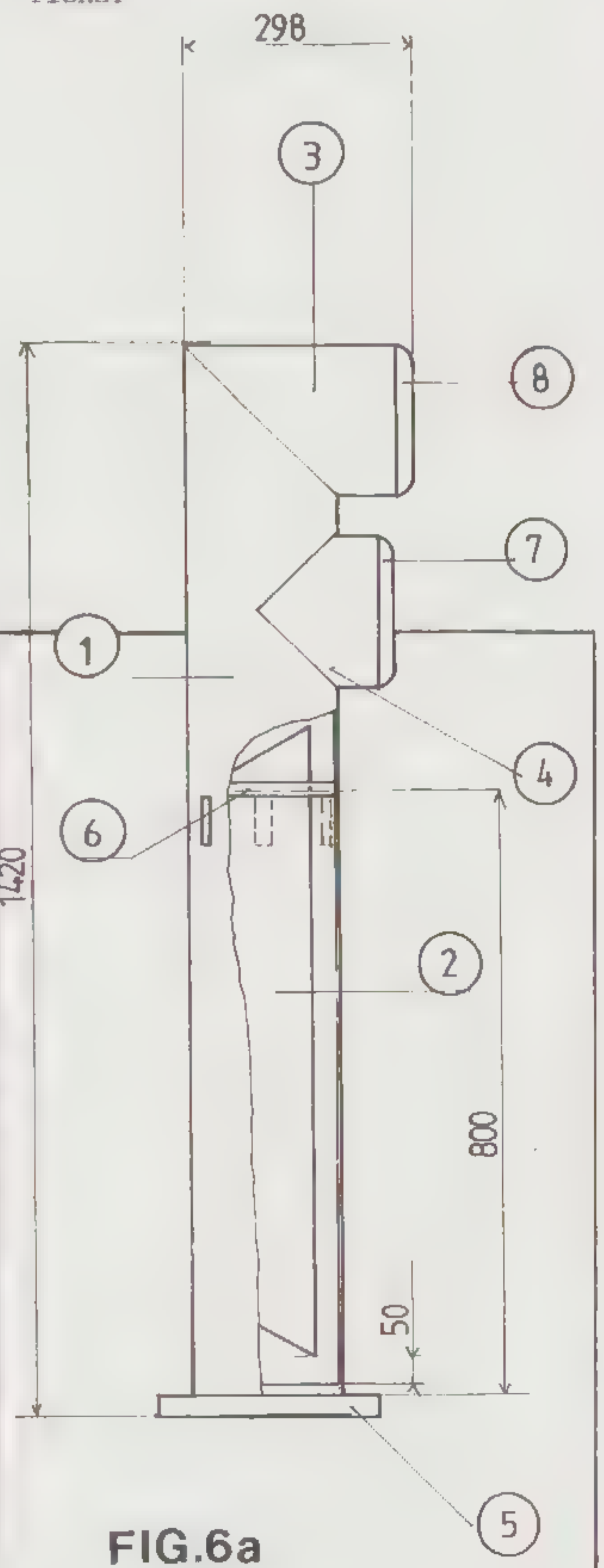


FIG.6a

OPROEP

Voor de luistertesten van AUDIO & TECHNIEK maken we gebruik van een luisterpanel. Indien U belangstelling heeft voor dergelijke testen en U woont op redelijke afstand van Rotterdam dan zouden we dat graag van U horen. Schrijf dan even een briefje aan postbus 2156 en wij nemen contact met U op.

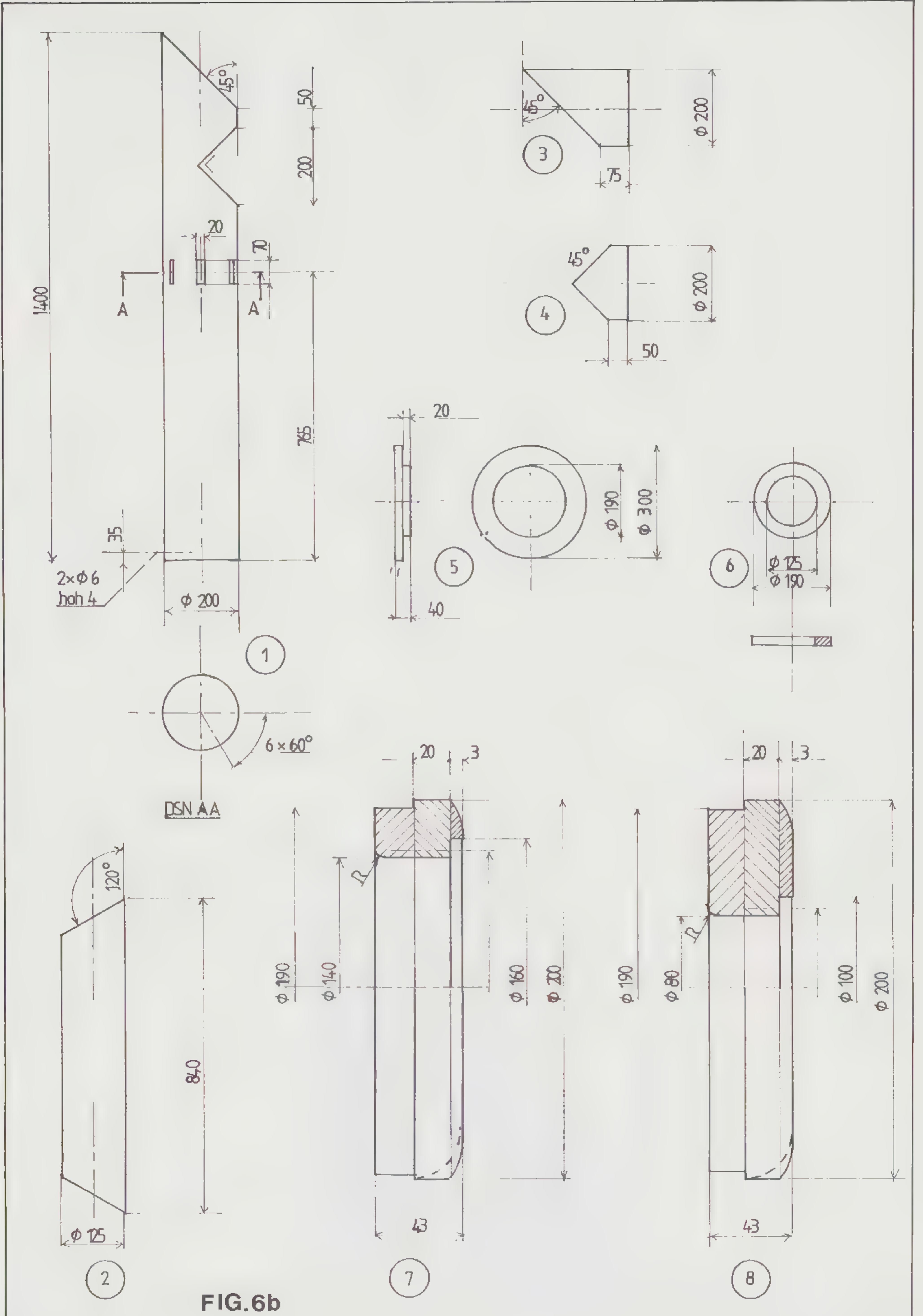


FIG. 6b

Nu dienen eerst de bevestigingsgaten gemaakt te worden. U dient dan eerst te weten hoe U de luidsprekers gaat bevestigen. De mooiste methode is met IMBUS bouten en zelfborgende draadbussen. Daarmee kunt U de luidsprekers altijd loskrijgen zonder het hout te beschadigen. Die draadbussen (of inslagmoeren) worden goed in de binnenring vastgezet en gezekerd met een beetje MONTAGEKIT.

Leg de luidsprekers weer weg. De binnenflens moet een afronding krijgen ("R") op de detailtekening. Hoe groter de straal wordt hoe liever. Bij de flens voor de basluidspreker moeten de draadbussen vrij blijven. Daar moet U omheen vijlen.

Tenslotte wordt met een schuurmachine de buitenkant van de flenzen afgerond. Het triplex stak wat over en dat kunt U misschien tevoren wegzagen. Vooral bij de tweeter is die afronding erg belangrijk.

Als de flenzen geheel klaar zijn kunt U ze gronden (evt. plamuren) en aflakken met een matzwarte lak. De flens voor de tweeter

DE LUIDSPREKERMATERIALEN VOOR DIT BOUWONTWERP ZIJN NIET OVERAL VERKRIJGBAAR. De Rotterdamse firma REMO kan de luidsprekers en overige onderdelen per postorder leveren.

De print voor het filter is verkrijgbaar door f 12,- per print over te maken op giro 41.30.216 t.n.v. AUDIO EN TECHNIEK onder vermelding : AT-1.

OPROEP

Voor toekomstige testen en artikelen zouden we willen weten waar Uw voorkeur naar uitgaat. Stuur eens een briefkaart naar postbus 2156 te Rotterdam en laat eens weten :

1. Welke apparatuur en in welke prijsklasse wilt U getest zien?
2. Op welke technische zaken wilt U dat we ingaan?
3. Naar welke soort bouwontwerpen gaat Uw belangstelling uit?

ZAALSIMULATIE

door H.L. Han

Gevlochten luidsprekerkabel, ijzerloze versterkers, sigma drive, plasma tweeters, met zilverdraad gewikkelde mc-elementen; wat brengen ze voor wezenlijk nieuws? Zal ik u een geheimpje verklappen? Ik heb een pil uitgevonden, waarmee zulke dure en exotische producten overbodig worden. Door één zo'n pil, waarvan de werking op DNA recombinatie berust, in te nemen worden uw gehoororganen en neuronen op zodanige wijze veranderd dat u geen vervorming, geen ruis, geen brom en geen rumble meer hoort. Oh, ja tikken en spetters van de plaat hoort u ook niet meer. Dus ook geen digitale Compact Disc meer nodig. De pil heeft vooral bij gebruik van de goedkope lo-fi apparatuur een spectaculaire uitwerking. Een ordinaire transistorradio bijvoorbeeld klinkt als een Beveridge aangesloten op een Mark Levinson. Er is alleen één nadeel aan de pil. Door het bioplasmische proces, waarmee de samenstellende stoffen gekweekt worden, is hij slechts één dag van het jaar werkzaam, nml. de eerste dag van de vierde kalendermaand. Voor de overige dagen wordt geen garantie gegeven.

Bij de ontwikkeling van de pil is het me helaas niet gelukt, om daarmee de ruimtelijkheid van de concertzaal in de huiskamer over te brengen. Ik zal u zeggen waarom. De pil kan alleen of "contamination"- zoals de Amerikanen dat noemen- van de audiosignalen teniet doen. Hij is dus een ideaal middel voor microbenjagers.

Echter, bij een goede concertzaal hoort een abominabele pulsresponsie met een "hangover", die 1,7-2,3 sec. duurt. Zulk een maximale transientvervorming wordt niet alleen door de heren acoustici, maar ook door de doorsnee concertbezoeker als een esthetisch optimum beschouwd. Met de pil zou er niets overblijven van die "hangover" of de nagalm, zoals hij in de wandeling heet. Het is dan alsof het orkest in de open lucht speelt midden op de hei.

Helaas ben ik nog niemand tegengekomen, die van zulk een gortdroge weergave in opperste vervoering geraakt. Met het voorgaande wil ik alleen maar illustreren, dat criteria voor het elektronisch deel van de audioketen soms totaal waardeloos zijn voor acoustische media. Om ruimtelijke weergave in de huiskamer te kunnen realiseren, moeten we eerst een heleboel oude ideeën overboorde gooien. Met name de ideeën met betrekking tot de kwadrafonie, die helaas niet tegelijk met het systeem zijn verdwenen. Het sluimerend kwadrafoniespook zal wel weer eens tot leven komen,

als het digitale tijdperk aanbreekt. Dar moet ten koste van alles vermeden worden, want kwadrafonie brengt ons geen stap dichterbij de werkelijkheid van de concertzaal, maar juist in de tegengestelde richting. De kwadrafonie en Surround Sound (een in Engeland ontwikkeld matrixsysteem, dat niet wezenlijk van kwadrafonie verschilt) bevatten een aantal acoustische blunders van de eerste orde. Zowel voor het SQ-systeem van CBS als voor Surround Sound zijn coincidentiemicrofoons ontwikkeld, resp. de Ghent-microfoon en de Soundfield microfoon, die op één punt van de zaal geluiden oppikken. De microfoonkapsels, die het systeem samenstellen, hebben een te gering richteffect. Ze zijn van het welbekende cardioïde- of achtvormige type, waardoor acoustische overspraak nooit vermeden kan worden. Het meest funest werkt overspraak van direct geluid in de achterkanalen. Dat hangt samen met het zg. precedentie-effect, ook bekend als het Haas-effect, welke stelt, dat we het eerst aankomende geluid gebruiken om geluidsbronnen te lokaliseren. Al ligt het niveau van het directe geluid 10 dB onder het geluidsniveau dan nog werkt het lokalisatiemechanisme van onze oren feilloos. Het gevolg van bovengenoemde overspraak is, dat men geluidsbronnen (muziekinstrumenten) van de achterluidsprekers hoort komen. Hoe meer men naar achter loopt hoe duidelijker hoorbaar ze worden.

Met andere woorden: het orkest zit tegelijkertijd voor én achter. Een andere blunder is, dat lokalisatie en ruimtelijke indruk voor één en hetzelfde effect aangezien worden. Als ik midden op de hei tegen u spreek, kunt u mij perfect lokaliseren, maar hoort u de acoustiek van een concertzaal? Allesbehalve. Toch worden kwadrafoniesystemen uitsluitend op lokalisatie getest. Het zijn juist de geluidsreflecties tegen de wanden, die bijvoorbeeld het Concertgebouwmaken zoals hij klinkt en hem anders doen klinken, dan bijv. de Rotterdamse Doelen. In het vrije veld hoort u alleen direct geluid, of u midden op de hei zit, op de Noordpool of in de Sahara, het maakt hoegenaamd niets uit (aangenomen dat er geen grondreflecties zijn, uiteraard).

Een aantal kwadrafonie-ontwerpers zijn zich hiervan wel bewust. Ze zeggen: als het systeem goed werkt bij direct geluid, dan zal het ook voor de reflecties goed werken. Hieruit blijkt, helaas alweer, dat zij het precedentie-effect niet helemaal begrepen hebben. Onze oren kunnen nl. alleen de richting bepalen van waar het directe geluid is gekomen, maar niet de richting van de reflecties! Anders zouden we de geluidsbron niet kunnen lokaliseren. Bij stereo maken we gebruik van virtuele bronnen om het directe geluid (schijnbaar) een bepaalde richting te geven. Maar we kunnen niet op gelijke wijze met behulp van vier luidsprekers een reflectie nabootsen, die bijv. schijnbaar van de rechtermuur moet komen. We kunnen dat wel proberen, zoals dat bij kwadrafonie gebeurt, maar onze oren reageren domweg niet op de richting van de reflecties. Als u normaal in uw huiskamer naar uw stereo-installatie zit te luisteren dan heeft u ook geen besef dat van de rechtermuur reflecties komen. U zou het pas merken wanneer U die muur met akoestisch dempend materiaal zou bekleden. Dan zegt U: "Hé, het is net of daar een gat zit". De richting van de reflecties is dus wel belangrijk, al nemen we die niet waar zo als bij direct geluid.

Als uit een bepaalde richting geen reflecties komen dan merkt u dat. Komen ze uit een heleboel verschillende richtingen dan merkt U er niets van, zoals u in een concertzaal ook niets merkt. De reflecties laten zich niet kwa richting manipuleren met het aloude systeem van virtuele bronnen. Voor elke gewenste richting zal een luidspreker nodig zijn. Helaas! Maar als we dit eenmaal weten dan zijn we een stap verder gekomen. *Kwadrafonie* is dus geoptimaliseerd op het punt van *lokalisatie*. Als u geluidsbronnen om u heen wilt laten draaien om daar een *kick* van te krijgen dan gaat dat uitstekend. Maar wilt u een symphonisch orkest weergeven met de ruimtelijkheid van een echte concertzaal dan kunt u beter wat

ZAALSIMULATIE

anders gaan zoeken. Hetgeen overigens niet mee zal vallen.

De gedachte, die achter de zaalsimulator zit is in principe heel eenvoudig. We maken gebruik van het door acoustici vastgestelde feit, dat de zogenaamde *vroege laterale* reflecties in een concertzaal hoofdzakelijk de ruimtelijke indruk bepalen.

Vroege reflecties, zijn reflecties, die tot 80 à 100 millisekonden na het directe geluid komen. In dit gebied is de reflectiedichtheid vrij gering, dat wil zeggen dat de reflecties door relatief grote tijdsintervallen van elkaar zijn gescheiden. Hoe later na het directe geluid, hoe groter de dichtheid en hoe kleiner de intensiteit van de reflecties worden. *Laterale* reflecties, reflecties van de zijwanden, klinken ruimtelijker dan de frontale reflecties via het plafond. Stelt u zich een vertikaal vlak voor, dat uw hoofd in een linker- en rechterhelft verdeelt. Wanneer de geluidsstralen zich ongeveer evenwijdig aan dit vlak voortplanten dan zullen ze, wanneer ze uw oren treffen, daar een praktisch gelijke fase hebben. Dat wordt door uw auditief systeem vertaald in een geringe ruimtelijke indruk. Komt een reflectie uit een zijwaartse richting, dan is er een weglengteverschil en dus ook een faseverschil tussen de signalen van het linker- en het rechteroor en wat u ervaart is een grote mate van ruimtelijkheid.

Wat kunt u van electronicen verwachten, die de meest *fundamentele* acoustische principes met de *voeten treden*? Ook ik ben voor kwadrafonie een tijdje enthousiast geweest, maar ik heb intussen mijn les geleerd. Gelukkig heb ik niet tot die groep mensen behoord, die heel emotioneel reagerend de kwadrafonie voor de grootste onzin verklaard hebben, omdat een mens nu eenmaal geen vier oren heeft. Ik heb me in de zaalacoustiek verdiept en al spoedig ontdekt, dat de principes om de concertzaalacoustiek in de huiskamer te brengen al tientallen jaren bekend zijn en

reeds toegepast door zaalacoustici bij hun onderzoek.

Een *vertraginglijn* met instelbare aftakkingen en verzwakkers, een stel eindversterkers en luidsprekers is al wat nodig is om een synthetisch geluidsveld te maken dat erg veel op het geluidsveld in een concertzaal lijkt. Misschien schrikt u bij het woord synthetisch. Ik kan de acoustiek van de zaal, waar de opname gemaakt is, dus niet exact reproduceren? Dat kan inderdaad niet, tenzij de acoustische gegevens van de zaal met de opname meegeleverd worden. Maar met kwadrafonie en Surround Sound gaat het ook niet, zoals hierboven aangetoond is. De enige bekende manier om de acoustiek van een bestaande zaal exact over te brengen is via *kunsthooftalereo*, wat met een koptelefoon is te beluisteren. Er bestaat weliswaar een methode om kunsthooftopnamen via luidsprekers weer te geven, maar dan moet u in de dode kamer heel stil op een stoel zitten en uw hoofd niet bewegen. Het is bovendien niet altijd verstandig om de zaal van de opname te willen horen.

Er bestaan over de hele wereld relatief *weinig goede concertzalen*. Gelukkig hebben we er één in Amsterdam. Maar een wereldstad als London, om een voorbeeld te geven, is minder gezegend. De Royal Festival Hall werkt met een kunstgalminstallatie en over die andere zaal zullen we het maar niet hebben. Als u een apparaat zou bezitten, waarmee u in de huiskamer de acoustiek van elke bestaande concertzaal kunt simuleren dan zult u toch bijna altijd de beste kiezen. Per slot van rekening doen we het om ervan te genieten.

Het gaat hier dus om een binauraal fase-effect. Er vindt in het auditief systeem beneden 1500 Hz fase-detectie plaats. Voor deze frequentie is de golflengte groter, dan het weglengteverschil tussen uw oren. Allel dan geeft fase-detectie een ondubbelzinnige uitkomst. Wanneer bij hoge frequenties twee of meer

golflengten tussen uw oren passen, geeft de fase geen zinnige informatie. Daarom reageren uw oren boven 1500 Hz alleen op intensiteitsverschillen.

Een huiskamer heeft door zijn geringe afmetingen een kortere nagalmtijd dan een concertzaal. De reflecties zijn in het eerste geval minder vertraagd ten opzichte van het directe geluid en ze sterven snel weg. Om de acoustiek van een grotere ruimte te simuleren is dus een vertragingsslijn nodig, die via een aantal secundaire boxen een tiental laterale reflecties de kamer instuurt. Er mag beslist geen direct (=onvertraagd) geluid in de secundaire kanalen bijgemengd worden, hetzij doelbewust of door overspraak. Een aantal *in de handel* zijnde nagalmunits bevatten dit *euvet*.

De late reflecties (na ca. 100 millisecon.) oftewel de "*galmstaart*" hoeven niet door de apparatuur gegenereerd te worden. Ze dragen niet bij tot de ruimtelijke indruk, maar vervullen wel een esthetische functie. Als een droge opname via een zaalsimulator in een dode kamer afgespeeld wordt, dan zou de afwezigheid van de *galmstaart* alleen bij transiënten merkbaar zijn, niet bij vloeiende muziek met geringe dynamiek. De transiënten klinken dan kort afgebroken. Bij normale stereoplaten zit er al galm in de opname, een apart galmunit is dan niet nodig.

In veel *ambiance-apparatuur* wordt *kunstgalm* gegenereerd met behulp van een teruggekoppelde vertragingsslijn, waardoor de reflecties elkaar met een vast tijdsinterval (bijv. om de 5 millisecon.) opvolgen. Zulk een systeem vertoont een *sterke kleuring* en als er meervoudige terugkoppelingen zijn, soms ook nog een *flutterecho*. Doorgaans kunnen er maximaal *twee secundaire luidsprekers* op aangesloten worden en dat is om bovenvermelde redenen *aan de weinige kant*. Om alle "gaten" te dichten zijn er minimaal 6 à 8 extra luidsprekers nodig. Voor minimale kleuring mag er geen regelmaat zijn in de tijdsintervallen tussen de reflecties. Het beste werkt een niet terug gekoppelde vertragingsslijn, die bijvoorbeeld 10 of 12 instelbare aftakkingen heeft.

Het is niet nodig om op elk stereokanaal een aparte vertragingsslijn aan te sluiten. Zoals gezegd heeft lokalisatie, waar *stereo* op gebaseerd is, niets te maken met ruimtelijkheid en we hoeven dus niet op hetzelfde stramien door te gaan. We gebruiken maar één vertragingsslijn, die aan de ingang het somsignaal van de stereoversterker krijgt. De stereo-installatie blijft geheel ongewijzigd en speciale platen hoeven niet aangeschaft te worden. Heel snuggere lezers zullen nu wel door hebben dat zaalsimulatie ook werkt bij monoplatten of andere monobronnen. Een reflectie is een herhaling van het directe geluid en alle benodigde informatie is in de primaire kanalen, het-

zij mono of stereo, reeds aanwezig. Een vermeerdering van het aantal kanalen geeft een vergroting van het gebied waarover we lokaliseren, maar doorgaans ten koste van het ruimtelijke effect.

Een zaalsimulator waarvan de vertragingen en intensiteiten van de reflecties zodanig geprogrammeerd zijn, dat een grote concertzaal mee gesimuleerd wordt galmt teveel bij spraak. Een echte concertzaal vertoont hetzelfde verschijnsel, daar ligt het dus niet aan. Daarom moet snel omgeschakeld kunnen worden naar een programma voor een spreekzaal. Bij de meeste in de handel zijnde *ambiance-apparatuur* is dat niet mogelijk. Sommige daarvan zijn van een knopje voorzien, waarmee het verschil van de stereosignalen als ingangssignaal voor het apparaat gekozen kan worden. Bij mono en stereo, als de spreker in het midden staat, wordt het niveau mee verlaagd, wat het effect minder storend maakt. Een echte oplossing is het *n-et*. Bij interviews staat vaak de ene spreker links en de andere rechts. In dat geval moet de FM-ontvanger op mono geschakeld worden, wil dat knopje enige uitwerking hebben. Nou. ja *electronici*.....

In de praktijk is het niet nodig gebleken om de simulator voor alle mogelijke zalen instelbaar te maken. Beter is om ze naar gebruiksdoel te klassificeren. Dan zijn er vier typen te onderscheiden: 1. een spreekzaal; 2. een zaal voor opera of kamermuziek; 3. een concertzaal voor symfonische muziek en 4. een kerk voor orgelmuziek. Bij de *zaalsimulator*, die ik voor mezelf *gebouwd* heb, is één van deze vier programma's met een druk op de knop te kiezen.

het geluid van een goed *geprogrammeerde zaalsimulator* is *niet te vergelijken met kwadrafonie*, noch met enig in de *handel zijnde ambiance-apparaat*. Het effect is niet spectaculair, maar natuurlijk en opvallend en veroorzaakt daarom juist op de lange duur geen vermoeidheid. Er worden geen muziekinstrumenten achter in de kamer gelokaliseerd, ongeacht de luisterplaats. Het systeem is dermate onopdringerig, dat men de werking ervan pas beseft, wanneer het uitgeschakeld wordt. Dan klinkt het opeens vlak, kaal en zouteloos. Het geluidsbeeld springt naar voren en verschrompelt als het ware tot één plat vlak tussen de stereospeakers. Je wordt niet meer omspoeld door geluid. Het is alsof je niet in de concertzaal zit, maar erbuiten en op een afstand toekijkt. De *hoge tonen verliezen hun glans* en de bassen klinken minder vol. *Geen diepe dreunen*, die je in je buik voelt. Dan pas *beseft je wat je met normaal stereo mist*. Het is moeilijk om het effect in getallen uit te drukken, mijn persoonlijke mening is dat de stap van stereo naar stereo + zaalsimulatie minstens even belangrijk is als de overgang van mono naar stereo. Globaal zijn hiermee de belangrijke principes voor het realiseren van ruimtelijke weergave aangegeven. Ik

zou willen eindigen met de opmerking, dat bij de huidige stand van de techniek *wezenlijke verbeteringen* alleen mogelijk zijn door *radikaal af te rekenen* met vastgeroeste ideeën. Vele van de oude, vertrouwde begrippen *zoals lineaire vervorming, harmonische en intermodulatievervorming*, die in de begintijd van de telefonie geïntroduceerd werden, zijn voor acoustische media niet gedefinieerd. Geheel nieuwe perspectieven worden geopend, wanneer de zaalacoustiek en de subjectieve acoustiek geïntegreerd worden in de audiotechniek. In plaats van de welbekende frekwentiekarakteristieken en scoopplaatjes, kunnen in vele gevallen beter interne spectra vertoond worden, zoals die in het binnenoor voorkomen. Er zijn nog *onnoemlijk veel verbeteringen mogelijk zonder over te gaan op zilverdraad*.

Een korte luisterimpresie van deze zaalsimulator.

door K.G. Tan te Baarn.

Wat moet er nog geschreven worden over luisterindrukken als deze reeds hierboven vermeld staan? De één na laatste alinea (beginnend met : Het geluid.....) is datgene wat je hoort, gewoon fantastisch! En dat met een installatie waarvan menige superaudiofiel gaat huiveren (van ellende)!

Als je nu bijvoorbeeld de meerprijs die je moet betalen voor een subwoofer met bijbehorende randapparatuur uitgeeft aan een zaalsimulator plus de daarbij horende weergevertjes, dan heb je dezelfde dreun....., maar met een ruimtelijkheid die gewoon stereo met maar twee weergegevers *nooit* kan geven. En dat ondanks alle superelectronica die, zoals je zo vaak leest in tests, diepte en weet-ik-wat-allemaal geeft.

We moeten de heer Han zo ver zien te krijgen, dat hij zijn zaalsimulator demonstreert. We maken dan kennis met iets *echt* nieuws zonder dat we bestaande apparaten overboord moeten gooien zoals zo vaak gesuggereerd wordt als er weer een nieuwe versterker wordt gelanceerd, werkend op een oud principe maar in een nieuw jasje. Bijvoorbeeld een super-klasse-AB¹-BCH-instelling.

Noot van de redactie

Begin 1983 hopen we een artikelserie van de heer Han te mogen publiceren, waarin een meer technische beschrijving wordt gegeven van zijn onderzoekingen op acoustisch gebied en de resultaten daarvan. Wij menen dat de heer H.L. Han daarmee een belangrijke bijdrage levert aan de discussies over dat wat ons allemaal bezig houdt : goede geluidswaergave!

Digitale audio en Halfgeleiderstechniek

Praktische digitale techniek

Door het steeds meer voorkomen van digitale schakelingen in audio-apparatuur, wordt ook voor de audio-technicus kennis van de digitale techniek een must.

In de afgeronde cursus PDT leert u op praktische wijze de werking en toepassing van digitale functieblokjes, zoals deze op dit moment voorkomen.

Als vooropleiding geldt enige kennis van de elektrotechniek.

Digitale audio

Hoewel digitale audio in de professionele sector reeds geruime tijd voorkomt, lijkt de grote doorbraak te geschieden met de komst van de compact-disc.

De cursus digitale audio is geheel nieuw en uniek voor de gehele audio-wereld. Ze behandelt de opbouw en werking van een



compleet digitaal audio-systeem. Tevens wordt uiteengezet op welke wijze de verwerking van het audio-sigitaal plaatsvindt bij versterken, filteren, mixen, registreren en transport.

De cursus is bedoeld voor technici, die direct te maken krijgen met bijv. de reparatie of installatie van digitale audio-apparatuur.

Als vooropleiding zijn kennis van de digitale techniek en elektronica vereist.

Tip Alle cursussen kunnen volledig schriftelijk worden gevolgd (thuis en in eigen tempo). Daarnaast bestaat er de mogelijkheid deel te nemen aan de mondelinge begeleiding. Eénmaal per 3 of 4 weken komt u dan naar één van de zeven cursusplaatsen, waar de bestudeerde lessen nog eens worden doorgenomen.

Praktische halfgeleider- techniek

In deze cursus worden de moderne halfgeleiders en hun voorkomen in diverse schakelingen behandeld. Ze is bedoeld voor hen die een gedegen basiskennis van de elektronica wensen. Als vooropleiding geldt kennis van de elektrotechniek. Heeft men dit niet, dan volgt men de cursus basis elektronicus.

En voorts:

Op het gebied van de elektronica hebben we verder de cursussen: basis elektronicus, middelbaar elektronicus, microprocessors/microcomputers, TV-technicus, meet- en regeltechnicus, computer-technicus, assembly programming & interfacing en videotechniek.

In onze studiegids "automatiserings-cursussen" vindt u informatie over introductie computergebruik, elektronische informatieverwerking, basic pascal en onze NOVI-opleidingen (basis- kennis informatica e.d.).



Elektronica opleidingen Dirksen

Parkstraat 25, 6828 JC Arnhem
Tel.: 085-451641 of vanuit België
00/31 85451641

Wat betreft het schriftelijk onderwijs erkend door de minister van onderwijs en wetenschappen bij beschikking d.d. 18-12-1974.
kenmerk BVO/SFO 129.448.

Bon

A&T 82/1

Zend mij informatie en een proefles van de cursus(sen):

Naam:

Adres:

Postcode + plaats:

Deze bon in een gesloten envelop, zonder postzegel, zenden naar:
Elektronica opleidingen Dirksen, Antwoordnummer 677,
6800 WC Arnhem.

Of bel 085-451641 ook 's avonds en tijdens het weekend



bouwpakketten

LOUTER DORDRECHT

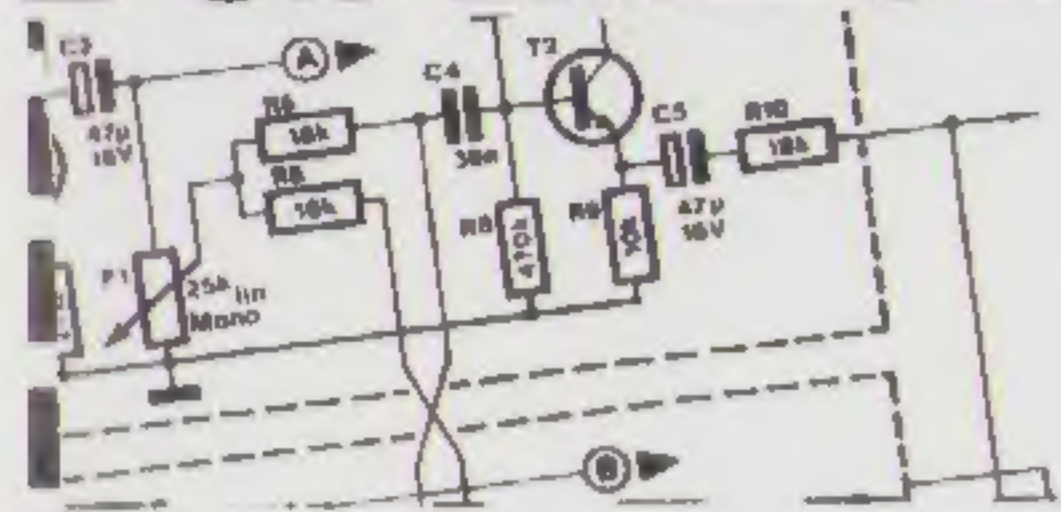
Informatie uitsluitend
per telefoon

Maandag gesloten
geopend 9.00-12.30
13.30-18.00

Donderdag koopavond

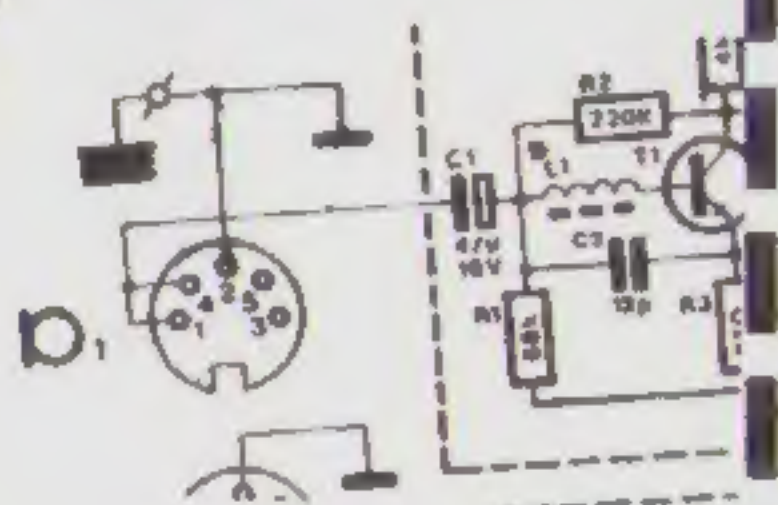
VOORSTRAAT 409-411
TEL 078-13 49 18

DCS ELECTRONICA



uw zaak
voor

al uw
onderdelen
maar
ook voor 'n



VIC-20 VOLKSCOMPUTER

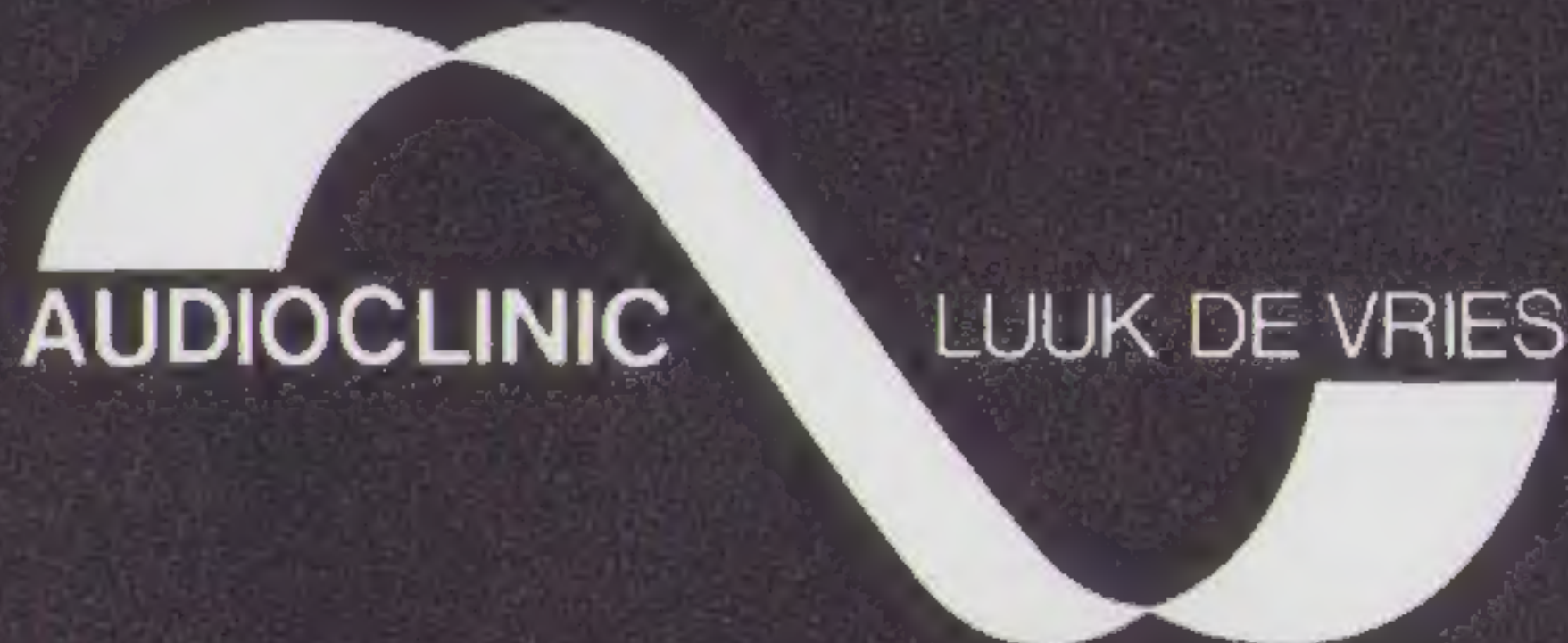
of
'n scanner



ook telefonische orders

SAMUEL MULLERPLEIN 20 ROTTERDAM
(bij Aelbrechtskade) TEL. 010-769900

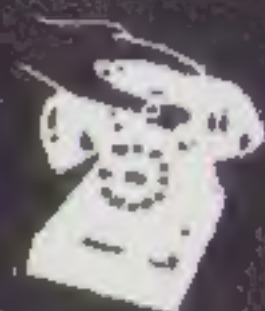
Geopend: Maandag vanaf 13.00 t/m 18.00 uur.
Dinsdag, Woensdag en Donderdag vanaf 9.30 t/m 18.00 uur.
Vrijdag vanaf 9.30 t/m 21.00 uur. Zaterdag vanaf 9.30 t/m 17.00 uur.



AUDIOCLINIC

LUUK DE VRIES

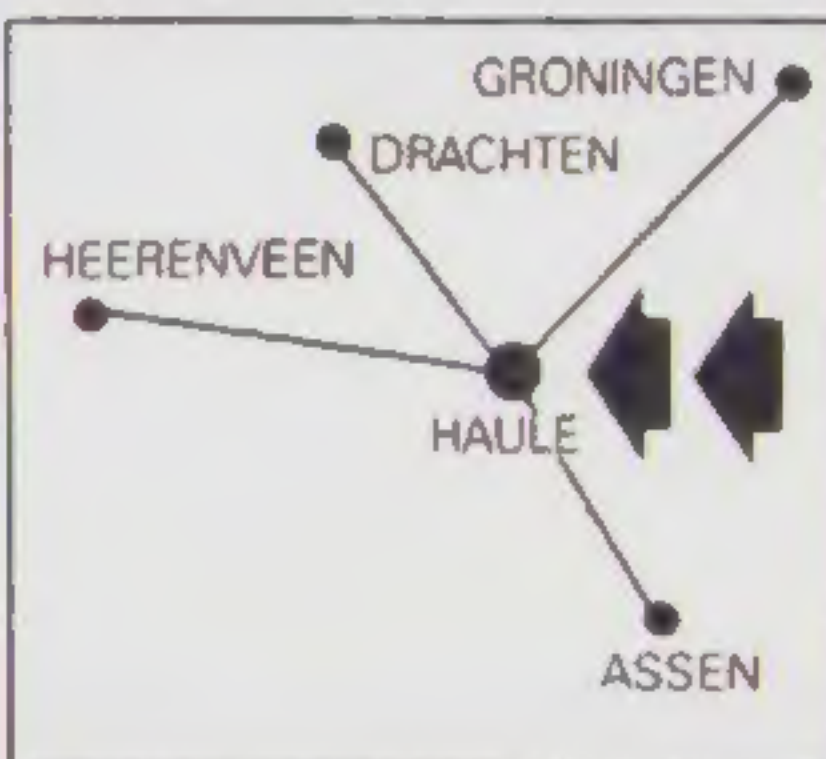
EENVOUDIG BETER



128484

Amsterdam

Witte de
Withstraat 132



Hifi studio „Exclusief”



ZWETTEWEG 16 HAULE
TELEFOON 05160-7236

Dagelijks geopend: 10.00-18.00 uur
Donderdagsavonds: 19.00-21.00 uur
Maandags gesloten

Panorama Sound

Ceintuurbaan 300-1
1072 GL Amsterdam
Tel: 020-645333

ENTRE EC-20 Moving-coil

ENTRE ET-100 Trafo

GRACE G-727 Toonarm

GRACE F-9e Element

AGI-511 Voorversterking

AMBER Series-70 Eindtrap

PYRAMID MET-7 Mini-box

Van harte
aanbevolen

DIL

ELEKTRONIKA

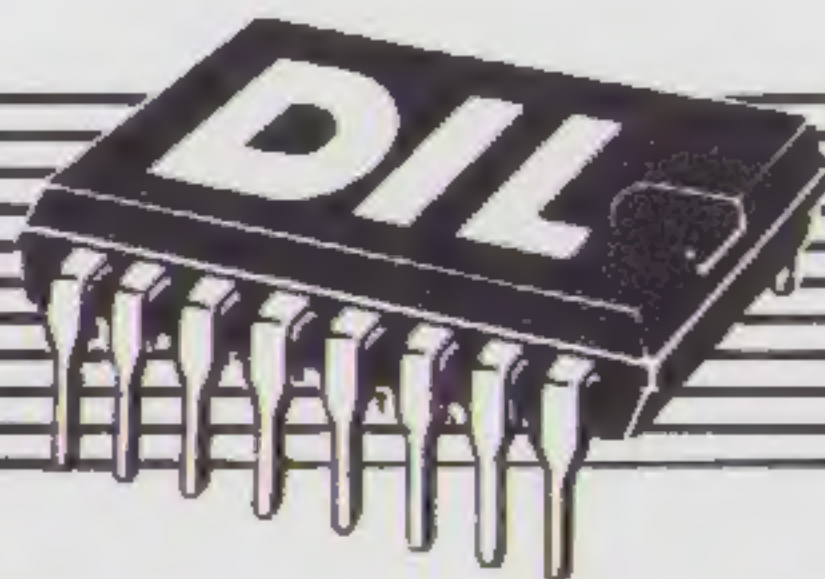
Mijnsherenlaan 108 - ROTTERDAM
(3081CH) - Telefoon 010-854213

winkel geopend:

Dinsdag t/m vrijdag 9.00 tot 18.00 uur.
zaterdag van 9.00 tot 16.00 uur.

gesloten:

Maandag (de gehele dag) en vrijdagavond
(geen koopavond).



elektronische bouwpakketten

AUDIO

& TECHNIEK

IN HET

VOLGEND

NUMMER

Test:
low budget luidsprekers

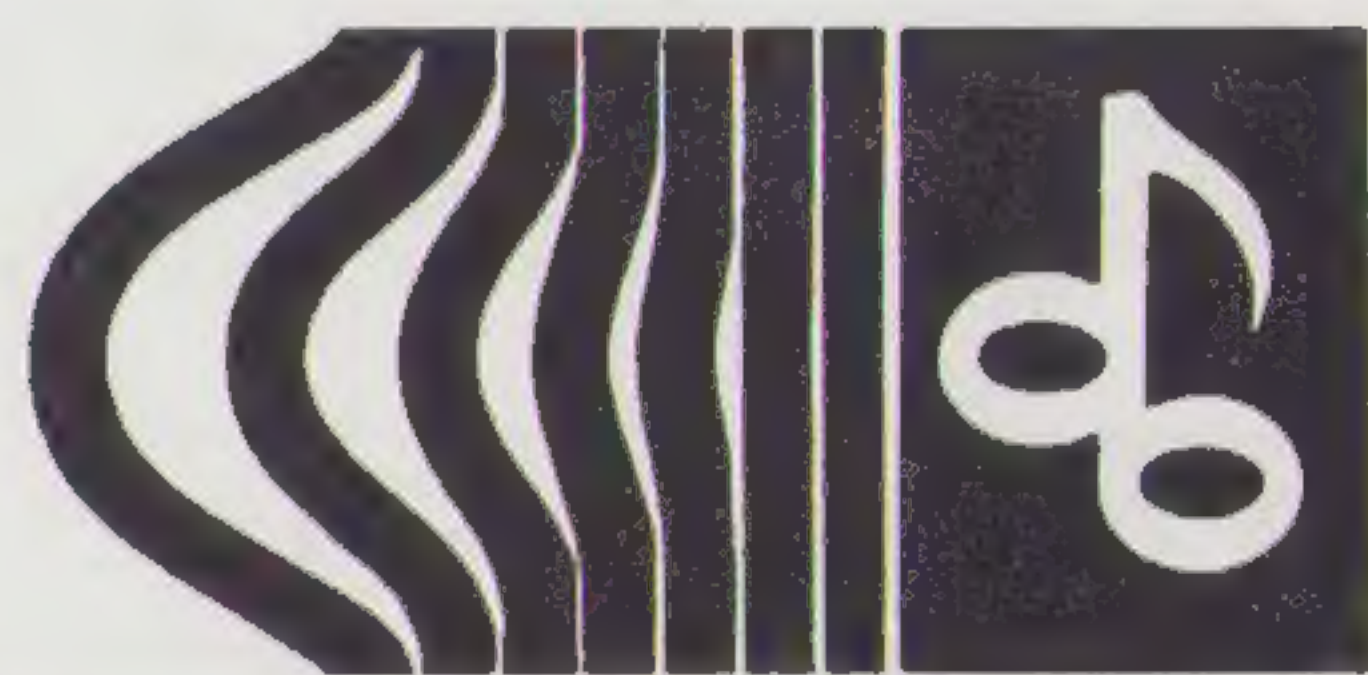
Test: low budget
geïntegreerde
versterkers

Bezoek aan de handel:
Een dagje bij . . .

Ruis deel II: transistor-
karakteristieken

Geluid uit de pijp:
bouwontwerp deel II

...ADVIES ZAL BIJ ONS ALTIJD VÓÓR VERKOOP BLIJVEN GAAN...



DICK BAKKER STEREO ARCHITECTUUR

pleinweg 136,
rotterdam,
tel. 010-816644

DICK BAKKER AUDIO VIDEO LOGIC

pleinweg 138,
rotterdam,
tel. 010-816644

stereo-video apparatuur en
opname-apparatuur voor demo studio's

de entree voor de drie afdelingen is op nr. 136.